

مقدمة

تتواجد الكائنات الدقيقة، أى الميكروبات، فى كل مكان حولنا، فهى فى التربة والماء والهواء، كما تعيش فى الأغذية ، وخارج وداخل أجسامنا. وفى أى نظام بيئى، تشكل الكائنات الدقيقة اكبر اعداد الكائنات الحية بأى وسط بيئى، اذا ما قورنت بأعداد الكائنات الأخرى الموجودة بذلك الوسط .

وبسبب انتشارها الواسع ، وتعدد قدراتها الكيميائية ، فإنها تملك القدرة الأكبر، على إحداث تغيرات واضحة بالوسط الذى تعيش به ، وتعتبر مسئولة عن الكثير مما يتم حولنا، من عمليات أساسية .

فالكائنات الدقيقة ، تعتبر مصانع صغيرة ، قادرة على إحداث تغيرات كيميائية عديدة فى كثير من المواد . فبعضها قادر على تحليل المخلفات العضوية النباتية والحيوانية والصناعية ، وإعادة تدويرها ، لتستعمل كغذاء لكائنات أخرى ، أو لتنسب إلى التربة ، فتزيد من خصوبتها . وذلك ، بالإضافة إلى ما ينتج عن التحلل من تساعد لغاز ثانى اكسيد الكربون ، الذى يعمل على توازن دورة الكربون فى الطبيعة ، وغاز الميثان الذى يستعمل كبديل للطاقة.

والبعض الآخر ، قادر على تكوين كربوهيدرات وبروتين، من مواد بسيطة موجودة بالجو مثل CO_2 ، N_2 ، وبذلك يتوفر غذاء لكائنات أخرى عديدة.

ومن الناحية الصناعية ، فإنه لا يمكن اغفال القدرات الكبيرة للكائنات الدقيقة ، فهى ضرورية لانتاج بعض الأغذية ، والمنتجات اللبنية ، وعمل تغيرات مفيدة بالمادة الغذائية ، فتنحول إلى منتج ذو شكل مقبول ، وطعم مستساغ ، لدى المستهلك، وإجراء تخمرات صناعية نافعة، كما فى صناعة الكحول والخل ، وفى انتاج المضادات الحيوية .

وعلى الجانب الآخر ، فإن الكائنات الدقيقة تلوث المياه ، والأغذية ، والألبان ، وكثير من المواد الأخرى ، وتسبب فسادها ، أو تكون بها سموم ضارة أو مميتة ، وتعتبر طرق تجنب تلك الملوثات ، وحفظ الأغذية ، من المواضيع الهامة فى ميكروبيولوجيا الأغذية والألبان .

ومن الناحية المرضية ، فإن بعض الكائنات الدقيقة تسبب أمراضا للنبات والحيوان والإنسان . وتعتبر طرق انتقال الميكروبات المرضية ، والأمراض ، ودور الميكروبات فى أحداثها ، والمناعة والاستجابة لها ، وطرق الوقاية والعلاج ، من المواضيع الرئيسية فى الميكروبيولوجيا الطبية .

ومما لاشك فيه ، فإنه ستزداد أهمية الكائنات الدقيقة مستقبلا ، بإستخدام التطبيقات الهامة للهندسة الوراثية ، التى ستمكننا من استغلال الميكروبات ، لانتاج مواد هامة وبطرق اقتصادية . وباستمرار البحث العلمى ، ستفتح أمامنا باستمرار ، آفاق جديدة للتعرف على الأنشطة الحيوية المتعددة للكائنات الدقيقة ، واستخدامها لصالح الانسان .

سيتعرض هذا الكتاب ، فى فصوله المختلفة ، للدور النافع أو الضار ، الذى تلعبه الكائنات الدقيقة فى حياتنا ، وفى الوسط من حولنا ، من هواء ومياه ، ومخلفات ، وأراضى ، وأغذية ، وألبان ، وتخمرات صناعية ، وأمراض ، وهو ما يعرف فى مجموعه باسم الميكروبيولوجيا التطبيقية . ولزيادة الفائدة ، فقد زودنا الكتاب بالكثير من الجداول المجموعة لعدد كبير من المعلومات ، مع وضع العديد من الصور والرسوم الايضاحية.

ومن الطبيعى ، فليس ممكنا ، فى كتاب فى مثل حجم هذا المجلد ، إعطاء التفاصيل الكاملة ، لكل موضوع نتعرض له . فهدفنا ، تقديم كتاب ، بحجم معقول ، ومناسب ، ليضم عرضا مركزا ، ولكن واضحا وشاملا ، لكل موضوع من مواضيع الميكروبيولوجيا التطبيقية المختلفة ، ليكون مرجعا مناسباً ، يساعد القارئ ، أو الباحث ، عند عمله فى احد المجالات المرتبطة . وقد أنهينا كل فصل من فصول الكتاب ، بعدد من المراجع المختارة ، التى سيجد القارئ بها ، العشرات ، بل المئات ، من المراجع الأخرى المرتبطة ، للرجوع إليها .

ونوجه نظر القارئ الفاضل ، إلى أن المعلومات الواردة بهذا الكتاب،
تعتمد على الأسس العامة الخاصة بعلوم الكائنات الدقيقة ، وكيمياء الأنظمة
الحيوية ، ووظائف الأعضاء ، وعلوم البيئة ، والأمراض ، التي نرجو القارئ
أن يكون ملما بها .

وكلنا أمل ، فى أن نكون قد قدمنا بهذا الكتاب ، عملا مفيدا للقارئ.

والله ولى التوفيق
المؤلفان

القاهرة
يناير ١٩٩٦

الفصل الأول

ميكروبيولوجيا الهواء

- مصدر الميكروبات بالهواء
- المحتوى الميكروبي للهواء
- تلوث الهواء
- الأمراض المنقولة بالهواء
- تطهير الهواء
- المراجع

الفصل الاول

ميكروبيولوجيا الهواء Air - Microbiology

مصدر الميكروبات بالهواء

يحتوى الهواء الجوى على خليط من الغازات (منها حوالى ٧٨٪ نتروجين ، ٢١٪ اكسجين، ٠,٣٪ ثانى اكسيد الكربون) ، وكميات متفاوتة من بخار الماء والغازات النادرة ، والمواد الصلبة العالقة ، وحبوب اللقاح ، والميكروبات . وتحت الظروف العادية، فإن أغلب هذه الميكروبات رمية لخلايا خضرية وجراثيم .

وتصل الميكروبات الى الهواء، عالقة بحبيبات الأتربة، التى تنقلها الرياح من سطح التربة الى الهواء، فالتربة هى مصدر تلوث الهواء الرئيسى بالميكروبات ، كما ان الميكروبات الموجودة بالهواء، تعتبر من مصادر التلوث الرئيسة لمصانع الأغذية، والمعامل الميكروبيولوجية.

وفى بعض الحالات ، قد تصل الميكروبات الى الهواء ، فى رذاذ العطس Cough والسعال Sneezing، أو فى رذاذ وحبيبات ناتجة من ظروف خاصة بالمنطقة ، مثل مناطق زراعية تستعمل الرى بالرش بمياه المجارى ، أو من الاحواض الخاصة بمعالجة مخلفات المجارى ، أو من السلخانات ، أو ماشابه.

ويلاحظ أن الميكروبات التى تأتى من التربة ، أغلبها مترمة. بينما تلك التى تأتى مع العطس والسعال أو من ظروف خاصة بالمنطقة ، فقد تحمل ميكروبات مرضية .

المحتوى الميكروبي للهواء

لا يعتبر الهواء بيئة طبيعية لنمو وتكاثر الميكروبات ، إذ انه لا يحتوى على المواد الغذائية اللازمة ، ولا على الرطوبة الكافية ، لنموها . وعلى ذلك ، فلا يوجد بالهواء ما يعرف بالميكروبات المتوطنة *Indigenous* ، بل يعتبر الهواء مجرد حامل للميكروبات ، والميكروبات الموجودة بالهواء ، نادرا ما تكون بحالة منفردة ، بل غالبا ما تكون مرتبطة مع جزيئات عالقة بالهواء مثل الأتربة ، والقش ، وحبوب اللقاح ، والمركبات الكربونية ، والرذاذ .

وترسب الجزيئات الدقيقة العالقة بالهواء بما عليها من ميكروبات ، ببطء على السطوح ، وتساعد التيارات الخفيفة على البقاء معلقة بالهواء لمدة طويلة ، أما تساقط الامطار فانه يرسب اغلبها الى التربة .

ويحتوى الجو الرطب على ميكروبات اقل مما يحتويه الجو الجاف ، لأن قطرات الرطوبة بما تحمله من ميكروبات تتساقط بسرعة الى سطح الأرض . لذلك فإننا نلاحظ أن الهواء خلال اشهر الصيف الجافة ، يحتوى على ميكروبات أكثر ، عما يحتويه الهواء الرطب خلال أشهر الشتاء .

وتختلف انواع الميكروبات الموجودة بالهواء ، باختلاف المنطقة وظروفها . وتحت الظروف العادية ، أى فى المناطق السكنية ، ذات الجو النظيف ، وحتى ارتفاع ٢٠٠ متر من سطح البحر ، فإن من الأنواع الميكروبية التى تتواجد باستمرار ، ومصدرها الرئيسى التربة ، (جدول ١-١) ، جراثيم الخمائر ، والفطريات مثل *Aspergillus* , *Penicillium* ، والبكتريا العصوية الهوائية المتجترمة مثل *Bacillus* ، والبكتريا الكرويه المفرزة للصبغات مثل *Micrococcus* , *Sarcina* ، وقد يوجد بعض حويصلات البروتوزوا .

وتعتبر بكتريا *B. subtilis* من اكثر الميكروبات انتشارا بالهواء ، لأنها شائعة بالتربة ، ومتجترمة ، وجراثيمها شديدة المقاومة للظروف السيئة ، خاصة الجفاف .

وتختلف كثيرا أعداد الميكروبات بالهواء حسب الظروف المحيطة ، وكمية الأتربة الماثرة بالهواء . فهواء المناطق المزدحمة ، غير النظيفة ، يحتوى على أعداد أكبر من الميكروبات عن تلك الموجودة بالأماكن غير المزدحمة ، النظيفة . كما أن المناطق المفتوحة تحتوى على ميكروبات أقل

جدول ١-١: أنواع بكتيريا وفطريات معزولة من هواء مناطق سكنية، خلال عدة شهور*.

الارتفاع من سطح الأرض بالمتر		أجناس
		بكتريا
		فطر
٥٠٠ - ١٥٠٠	Alcaligenes Bacillus	Aspergillus Microsporium Penicillium
١٥٠٠ - ٢٥٠٠	Bacillus	Aspergillus Cladosporium
٢٥٠٠ - ٣٥٠٠	Bacillus Sarcina	Aspergillus Hormodendrum
٣٥٠٠ - ٤٥٠٠	Bacillus Kurthia	Aspergillus Hormodendrum
٤٥٠٠ - ٥٥٠٠	Bacillus Micrococcus	Penicillium

* Ref: J. Bact., 36, 180, 1938

بكثير عن الأماكن المقفلة ، والتي قد تحتوي أيضا على ميكروبات مرضية . ويحتوى الهواء القريب من سطح الأرض ، على اعداد أكبر ، مما يوجد فى طبقات الجو العليا ، كما أن هواء المناطق المتربة، به اعداد اكبر مما بالمناطق غير المتربة.

والمسافة التى تنتقل اليها الميكروبات الموجودة بالهواء ، قد تتراوح من سنتيمترات لعدة كيلومترات ، والمدة التى تعيشها الميكروبات بالهواء ، قد تكون بضعة ثوان ، وقد تمتد لعدة شهور. ويعتمد كل ذلك على مجموعة من العوامل المتداخلة منها الظروف الجوية ، سرعة التيارات الهوائية ، الرطوبة، الحرارة ، أشعة الشمس ، حجم جزيئات المواد العالقة، أنواع الميكروبات ... الخ .

ويمكن الرجوع الى كتب العمل المتخصصة ، للتعرف على الأجهزة المستخدمة فى أخذ عينات الهواء للفحص الميكروبيولوجى ، والبيئات الغذائية، والطرق المستعملة، لعد وفحص وتعريف الميكروبات، التى يجعلها الهواء .

تلوث الهواء Air-pollution

يتعرض الهواء الموجود حولنا للتلوث ، وهذا التلوث آخذ فى الزيادة ، بزيادة عدد السكان ، والتوسع الصناعى ، وانتشار وتعدد وسائل النقل ، والتدخين ، والأنشطة الإشعاعية المختلفة .

ومناقشة هذه المواضيع ، يخرج عن نطاق هذا الكتاب ، غير انه من حيث التلوث الميكروبى، وتحت الظروف العادية للمنطقة ، فإن مصدر التلوث الأساسى ، كما ذكر سابقا ، هو التربة ، ولعاب ومخاط المرضى وحاملى المرض ، الناتج من الجزء العلوى للجهاز التنفسى .

وكما أقترح اعتبار وجود E. coli بالمياه، دليلا على احتمال حدوث تلوث للمياه بالمواد البرازية ، فإنه يقترح اعتبار وجود Streptococcus salivarius بالهواء ، دليلا على احتمال تلوث الهواء باللعاب والمخاط .

فهذه البكتريا ، شائعة الوجود بالفم ، وغير ضارة ، وإن كان يعاب على هذا الاختبار ، أن هذه البكتريا حساسه ، سريعة الإختفاء من الهواء ، وقد يكون مصدرها جهات اخرى غير الجهاز التنفسى ، ولذلك فإن مجال الإختبار مازال موضع الدراسة .

الأمراض المنقولة (المحمولة) بالهواء Air-borne diseases

يعتبر الهواء من المصادر الرئيسية، لنقل الميكروبات المرضية للجهاز التنفسى وسطح الجلد.

ويكثر وجود هذه الميكروبات المرضية فى المناطق المزدحمة ، ربيثة التهوية ، المغلقة مثل الغرف، والمكاتب، والفصول الدراسية والمسارح ... الخ .

وتصل الميكروبات المرضية الى الهواء مع رذاذ المرضى ، الخارج اثناء العطس والسعال ، والزفير ، واللعب ، والكلام والغناء . ويتراوح قطر الرذاذ الخارج من ميكرومترات الى ملليمترات (من حوالى ٠,٠٠١ الى ٢,٠٠ مم). وتشكل القطرات الدقيقة ، اى التى قطرها اقل من ٠,١ مم ، اغلب الرذاذ الخارج ، وتعرف هذه القطرات الدقيقة بالنويات *Droplets nuclei*. وتستطيع هذه النويات بما تحمله من ميكروبات ، أن تمر من الحواجز الأنفية وتصل الى الممرات التنفسية والرئتين، وتسبب العدوى.

وقد تبقى هذه القطرات الدقيقة بالجو ، حيث تتبخر بسرعة وترسب على الأرض، تاركة نوايا دقيقة حاملة للميكروبات ، عالقة بالهواء لمدة طويلة، وتنتقل من مكان لآخر بالتيارات الهوائية مسببة للعدوى .

أما قطرات الرذاذ الكبيرة *Droplets*، وقطرها أكبر من ٠,١ مم ، فإنها ترسب بسرعة بما تحمله من ميكروبات على الأرض ، أو على الأسطح الأخرى. وبذلك ، تعتبر أتربة هذه الأسطح ، مصائر للتلوث بالميكروبات ، عند حدوث نشاط من كنس ولبس وحركة ... ، بتلك الأماكن .

وقد امكن ملاحظة قطرات الرذاذ ، الخارجة من شخص ما ، بوضع صبغة مناسبة بالفم، مثل صبغة الأيوسين ، الكونجو الأحمر ، الفلوروسين ، وأخذ عينات من الرذاذ الخارج على شرائح أو فى أطباق بها بيئات مناسبة ، لتتبع تلك القطرات ، ودراسة ما بها من ميكروبات.

من البكتريا المرضية الكثيرة الانتقال بالهواء *β-hemolytic streptococci*، وهى تسبب التهابات اللوز، والبلعوم ، والحمى القرمزية، كما يوجد بكثرة البكتريا العنقودية التى تلوث الجروح والحروق .

ومن الأمراض البكتيرية الأخرى ، الشائعة الانتقال بواسطة الهواء ، الدفتريا والسل، بالإضافة الى الالتهابات الرئوية .

ومن الأمراض الفيروسية الشائعة الانتقال عن طريق الهواء أيضا ، نزلات البرد والانفلونزا، بالإضافة الى بعض الأمراض الأخرى مثل الجدري، والحصبة، والنكاف .

وبالإضافة الى ذلك ، فقد ينتقل بالهواء بعض الأمراض الفطرية، التي يسببها أنواع تابعة لأجناس مثل *Blastomyces, Cryptococcus, Histoplasma, Monilia... etc*، كما قد يصاب بعض الاشخاص بأمراض خاصة بالحساسية بسبب الملوثات، أو الميكروبات الموجودة بالجو (راجع الفصل التاسع خامسا).

Air-sanitation

تطهير الهواء

لايحتوى عادة الهواء الطلق الموجود بخارج الحجرات ، على ميكروبات ضارة بالإنسان . ولكن بداخل الأماكن المغلقة ، فإنه بالإضافة الى الميكروبات المتروكة ، قد يوجد أيضا الكثير من الميكروبات المتطفلة والممرضة . وفى مثل هذه الأحوال ، يصبح التخلص من هذه الميكروبات سواء تلك الموجودة بهواء الحجرة ، أو التي سقطت على الأسطح مثل الأرضيات ، والمناضد ، والمفارش ... الخ ، عملية ضرورية ، ولها أهميتها الاقتصادية والصحية، ويمكن التخلص من كثير من الميكروبات ، الموجودة بهذه الأماكن المغلقة ، بالتهوية المناسبة ، أو التعرض لأشعة الشمس ، أو الغسيل ، أو الترشيح ، أو استعمال الإيروسولات ، أو باستعمال الأشعة فوق البنفسجية ... أو غيرها من الطرق المناسبة .

ففى أجهزة التكييف مثلا ، يمرر الهواء الداخل بالجهاز على مرشحات من الألياف الزجاجية، لترشيحه ، أو يمرر على رشاشات من الماء ، لغسله وتنظيفه من المواد العالقة به كالأتربة بما عليها من ميكروبات ، لنحصل على هواء نظيف خالى من الأتربة *Clean dust-free air*.

وفى المستشفيات قد تعالج أسطح الأرضيات، والملايات والملابس ... بمستحلبات الزيوت *Oil immulsion* ، التي تعمل على إزالة الميكروبات بطريقة ميكانيكية .

كما تستعمل بعض المواد المطهرة كالجليكولات ، مثل الجليكول ثلاثي الاثيلين ، وبروبيلين الجليكول ، كركاذ هوانى ، ايروسول ، لتطهير هواء الحجرات مما بها من ميكروبات . وتستعمل هذه الجليكولات عادة على درجة حرارة الغرفة ، فإذا توفرت الظروف الأخرى المناسبة من تركيز (حوالى ٥,٠ مجم أبخرة بروبيلين جليكول لكل لتر هواء بالغرفة) ، ورطوبة نسبية

(حوالى ٢٠ - ٤٠٪). فإن حوالى ٩٠٪ من الميكروبات الموجودة بهواء الغرفة ، يموت خلال دقائق من التعرض .

وتمتاز الجليكولات ، بأنها عديمة الطعم والرائحة، غير مهيجة، وغير سامة للإنسان ، ولا تسبب تآكلا بالمعادن ، وغير قابلة للإنفجار. وعند الاستعمال ، فإن أبخرتها تتكثف على أسطح خلايا الميكروبات، وتعمل على سحب ماء الخلايا ، فتجف الميكروبات وتموت.

وكثيرا ما يستخدم الآن ، الأشعة فوق البنفسجية فى المعامل ، والمستشفيات ومصانع الأنوية، وبعض المصانع الغذائية ، لقتل الميكروبات الموجودة بهواء الحجرات ، أو الراسبة على أسطح المواد المختلفة بالحجرة.

ويستخدم لهذا الغرض لمبات بخار الزئبق المصنوعة من الكوارتز ، التى تعطى أشعة فوق بنفسجية ذات طول موجى حول ٢٦٥٠ انجستروم ، وهو أكثر أطوال هذه الأشعة ، قتلا للميكروبات. وعادة ما تعلق هذه اللمبات فى أماكن مناسبة بالأسقف ، أو على الحوائط ، أو توضع فى أنابيب ليمر عليها الهواء الداخلى للحجرة . وعند التعرض للطول الموجى ٢٦٥٠ Å ، فإن أكثر من ٩٥٪ من الميكروبات الموجودة بالهواء ، أو على أسطح المواد ، يقتل فى ثوان . ويتوقف ذلك ، على نوع التلوث ومداه ، وحجم الفراغ ، ورطوبة وحرارة الجو ، ونوع الإشعاع ، وزمن التعرض.

ويراعى العاملون، عند استعمال الأشعة فوق البنفسجية ، عدم التعرض لها ، لأكثر من عدة دقائق فى اليوم ، تجنباً لحثوث حروق بالوجه ، أو أضراراً بالعين .

References

- Gregory, P.H. and J.L. Monteith (eds.) (1967). Air-borne microbes. Proc. 17th Symposium, Soc. Gen. Microbiology, UK.
- Lepper, M.H. and E.K. Wolfe (eds.) (1966). Air-borne infection. Proc. 2nd Conf., on Aerobiology, Amer. Soc. Microbiol., Bact. Rev., 30 (3), 485-697.

ميكروبيولوجيا المياه

(المياه الطبيعية)

- ميكروبيولوجيا المياه
- المياه الطبيعية
- العوامل المؤثرة على مجهرات المياه الطبيعية
- توزيع وأنواع المجهرات فى الأوساط المائية
- المياه العذبة غير الملوثة
- المياه الملوثة
- المياه البحرية
- دور الكائنات المجهرية فى الأوساط المائية
- ١- السلسلة الغذائية
- ٢- الدورات البيوكيميائية للعناصر
- ٣- رواسب قاع البحار
- المراجع

الفصل الثانى

ميكروبيولوجيا المياه Aquatic Microbiology

تلعب مجهریات المياه فى حياتنا ، دورا هاما ، وبطرق متعددة، فهى تؤثر على صحة الإنسان والحيوان ، وعلى البيئة من حولنا ، وتكون حلقة اساسية فى السلسلة الغذائية بالطبيعة ، بإمداد الكائنات المائية، النباتية والحيوانية بالغذاء ، كما تقوم بتحليل المواد العضوية ، وتدوير العناصر ، ومعدنتها .

وتتعلق ميكروبيولوجيا المياه ، بدراسة الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة ، وأعدادها ، وما تقوم به من أنشطة فى المياه الطبيعية العذبة والمالحة ، ويشمل تلك مياه الينابيع ، والبحيرات ، والأنهار ، والخلجان ، والبحار. وتعتبر بعض هذه المجهریات الموجودة بالمياه، كائنات متوطنة بهذه الأوساط ، والبعض الآخر يعتبر منقولا ، يصل إلى المياه من الهواء ، والأمطار الساقطة ، والتربة ، والمزارع ، والمنازل ، والمصانع .

وتتعلق ميكروبيولوجيا المياه أيضا ، بدراسة النواحي الميكروبيولوجية ، الخاصة بمياه الشرب ، ومياه مخلفات المصانع والمنازل، وما يلزم لمياه الشرب من تنقيه ، والمحافظة عليها من التلوث ، خاصة من مياه المخلفات ، التى يجب أن تعالج بطرق مناسبة قبل الاستفادة منها ، حفاظا على الصحة العامة .

المياه الطبيعية Natural Waters

تمر الرطوبة الأرضية ، بما يعرف بدورة المياه ، Water cyle ، Hydrologic cyle . وفى هذه الدورة ، تتصاعد الأبخرة الناتجة من نتح النباتات ، ومن تبخر مياه الأنهار والبحار ، ومن سطح الأرض ، وتتكثف فى الجو البارد بالطبقات العليا من الجو ، وتتجمع القطرات المتكثفة فى صورة سحب ، وهذه تتحرك حسب اختلافات الضغط واتجاه الرياح ، ويزداد تكثف الماء بالسحب ، فتثقل ، وتتساقط فى شكل أمطار وثلوج ، لتبخر ثانية ... وتستمر الدورة .

وعند سقوط الأمطار والثلوج ، ووصولها إلى سطح الأرض ، فإما أن تتجه تلك المياه المتساقطة إلى الأنهار والبحيرات والبحار ، أو ترشح خلال طبقات التربة ، حتى تصل إلى مستوى يعرف بمستوى الماء الأرضى Water table أو تصل إلى أعماق مختلفة مكونة للمياه الجوفية . ثم يتحرك الماء ببطء حسب خطوط الكونتور ، حتى يصل إلى البحر ، أو يخرج على السطح فى صورة ينابيع .

ويتكون خلال تلك الدورة المائية ، ما يعرف بالمياه الطبيعية ، التى تشمل مياه جوية ، ومياه سطحية ، ومياه مخزنه ، ومياه جوفية ، وتحتوى كل مرحلة من هذه المراحل ، على أنواع متعددة من المجهريات ، التى تتواءم مع ظروف كل مرحلة .

المياه الجوية Atmospheric Water

تشمل هذه المياه الأمطار والثلوج ، وهذه المياه فى بداية تساقطها من السحب ، تكون خالية من الميكروبات ، حيث أن بخار الماء المكون للسحب ، يكون خاليا من الميكروبات ، ولكن بنزول تلك المياه ومرورها بطبقات الجو ، فإنها تتلوث بالميكروبات ، الموجودة بذرات الأتربة العالقة بالهواء . وبعد فترة قصيرة من نزول الأمطار ، فإن الجو يصبح رائقا ، خاليا تقريبا من الميكروبات ، بسبب ما يحدث له من غسيل وترسيب ، لجزيئات التراب والمواد العالقة ، وما تحمله من ميكروبات .

Surface Water

المياه السطحية

ينزل مياه الأمطار والثلوج إلى سطح التربة ، يتكون ما يعرف بالمياه السطحية ، مثل مياه الأنهار والبحيرات والبحار . وبسقوط المياه الجوية وملامستها لسطح التربة ، فإن تلك المياه تتلوث بدرجة كبيرة بميكروبات التربة ، ويتوقف مدى التلوث ، من حيث عدد وأنواع الميكروبات ، على ظروف التربة البيولوجية ، والجغرافية ، والمناخية .

فى بداية نزول الأمطار ، يزداد عدد الميكروبات بالتربة ، ولكن باستمرار هطول الأمطار ، فإن عدد الميكروبات بالتربة يقل ، ولكن يزداد ذلك العدد بشكل ملحوظ بمياه الأنهار ، التى تصلها تلك المياه ، المحملة بالأتربة والميكروبات .

Stored Water

المياه المخزنة

يؤدى تخزين المياه ، كما يحدث فى البرك والبحيرات والخزانات ، إلى تقليل أعداد الكائنات الدقيقة بها ، وذلك نتيجة الترسيب ، ونشاط الأحياء الأخرى التى تتغذى على المجهرات ، وتأثير بعض العوامل الجوية ، كالحرارة والأشعة فوق البنفسجية ، الموجودة بأشعة الشمس .

وإذا ما وصل إلى هذه المياه المخزنة مواد عضوية ، من أراضي أو نباتات أو مخلفات ، فإن عدد المجهرات ، من بكتريا وطحالب وفطريات وبروتوزوا ، يزداد بتلك المياه ، ويصبح لونها داكنا ، ويحتل تلك المخلفات ، تتكون روائح كريهة ، ويصير لون الماء غير مقبول ، وطعمه غير مستساغ .

Ground Water

المياه الجوفية

تشمل المياه الجوفية مياه الينابيع والآبار . وما لم يحدث تلوث من مصدر خارجي ، فإن المياه الجوفية ، تكون شبه خالية من البكتريا والجزيئات العضوية ، نتيجة ترشيح المياه خلال مرورها بطبقات الأرض المختلفة . وعادة ، فكلما كانت المياه الجوفية عميقة ، كلما قل بها عدد الميكروبات . وعند استخراج المياه من الآبار للاستعمال ، فإنه يجب سحبها عن طريق أنابيب مناسبة غير منفذة ، محافظة على المياه من أى تلوث خارجي .

وهناك آبار ، يحتوى ماؤها على نسب عالية من مواد معدنية ، أو غير معدنية ، تساعد على نمو ميكروبات معينة بها ، فتوجد بكتريا الكبريت ، فى مياه الآبار المحتوية على نسبة مرتفعة من الكبريت ، وبكتريا الحديد فى المياه ذات نسبة الحديد العالية ، والبكتريا المحبة للحرارة فى ينابيع المياه الساخنة ، وهذه عادة ما تكون ذاتية التغذية ، لأن نسبة المادة العضوية عادة قليلة ، بمياه الينابيع الساخنة .

وبشكل عام ، فإنه يمكن تقسيم مياه الأوساط المائية ، من حيث أماكن وجودها ، إلى

أولاً: مياه أرضيه Inland Water ، وهذه تشمل

أ- مياه سطحية Surface water، ومنها

١- مياه جارية Lotic (Running) water

مثل مياه الينابيع Springs، والجداول Streams ، والأنهار Rivers.

٢- مياه ساكنه Lentic (Standing) water

مثل مياه المستنقعات Swamps، والبرك Ponds، والبحيرات Lakes .

ب- مياه تحت أرضية Subterranean

مثل المياه الجوفيه Ground water.

ثانياً: مياه بحرية Ocean Water

وتشمل هذه ، مياه البحار Seas ، والمحيطات Oceans، ومياه المصبات Estuaries (مثل مصبات مياه الأنهار فى البحر).

العوامل المؤثرة على مجهريات المياه الطبيعية

يتوقف أعداد وأنواع المجهريات الموجودة بالمياه الطبيعية، على مجموعة من العوامل الخاصة بالوسط المائي ، والتي منها توفر العناصر الغذائية ، والظروف البيئية والفيزيائية والكيميائية ، وأنواع الكائنات الأخرى الموجودة بالوسط . وتختلف هذه العوامل بدرجة كبيرة من وسط لآخر ، كما يحدث مثلاً بين الأنهار ، والمحيطات .

ومن هذه العوامل

العناصر الغذائية Nutrients

تعتبر أنواع العناصر الغذائية الموجودة بالمياه ، ومكوناتها من عضوية وغير عضوية ، ومدى توفرها ، من العوامل الرئيسية المحددة لمحتوى هذه المياه من الميكروبات ، عدداً ونوعاً . فأملح النترات والفوسفات مركبات غير عضوية هامة للميكروبات ، خاصة للطحالب ، وأملح الحديدوز ضرورية لنمو بعض أنواع بكتيريا الحديد ، وكذلك كبريتور الإيدروجين للميكروبات المؤكسدة للكبريت ، وغاز الميثان للبكتيريا المؤكسدة لغاز الميثان ، والمخلفات العضوية للميكروبات المترمة عضوية التغذية ... وهكذا .

أما من حيث المعادن ، فإن معظم المياه الطبيعية ، تحتوى على المعادن اللازمة لنمو الميكروبات .

وتزداد أعداد الميكروبات بالمياه ، التي يلقي بها مخلفات المجارى ، كما أن مخلفات المصانع ، قد تحمل أحماضاً أو مواداً كيميائية مثل الزئبق والمعادن الثقيلة ، مضادة لنمو الميكروبات ، كما انها تقتل الكثير من النباتات والأحياء المائية ، الموجودة بالوسط المائي .

وتحت الظروف الطبيعية ، فإن أكثر أعداد المجهريات بالبحيرات والأنهار ، توجد قرب الضفاف ، حيث تتجمع وتتركز المواد الغذائية ، على الجزيئات الصلبة فى أماكن هادئة ، أما فى البحار ، فإن أكثر الأعداد توجد بالطبقات السطحية من المياه بالمنطقة الساحلية ، ولمسافة تمتد لعدة كيلومترات من الشاطئ ، وكذلك برواسب القاع .

Seasonal Variations

الاختلافات الموسمية

يبدو أن هناك تتابعا فى أعداد الكائنات المجهرية ، فى بعض أنواع المياه ، مرتبطا بالمواسم ، وبشكل عام ، فقد لوحظ أن عدد الأحياء الدقيقة يكون قليلا بالشتاء ، ويزداد فى الربيع .

وفى بداية الربيع ، يزداد عدد الدياتومات بالمياه ، وتصل لأقصاها فى شهر مايو ، ثم تتناقص فى العدد بعد ذلك ، لتستعيد نشاطها من بداية الشتاء.

وفى بداية الصيف ، يصل عدد الطحالب الخضراء لأقصاه ، ثم يتناقص العدد فى بداية الخريف ، ليحل محلها الطحالب الخضراء المزرقه (البكتريا الخضراء المزرقه) ، التى تصل لأقصى أعدادها فى آخر الخريف .

من حيث البروتوزوا ، فقد وجد أنها تسود فى أوائل الربيع ، وتقل فى منتصف الصيف . أما من حيث البكتريا ، فلم يكن واضحا تأثير التغيرات الموسمية ، على أعدادها .

Temperature

الحرارة

تتراوح درجة حرارة المياه الطبيعية ، ما بين الصفر المئوى فى المناطق القطبية إلى 40°C فى المناطق الاستوائية ، وطبيعى فإنه ينمو بكل منطقة حرارية ، ما يناسبها من ميكروبات.

كما توجد الميكروبات فى مياه الينابيع الساخنة ، حيث تصل الحرارة إلى 80°C ، مثل بكتريا Thermus aquaticus ، التى درجة حرارة نموها المثلى $70 - 72^{\circ}\text{C}$.

Hydrostatic pressure

الضغط الهيدروستاتيكي

يختلف الضغط الهيدروستاتيكي فى مياه الطبقات السطحية ، عن تلك التى فى الأعماق ، حيث يزداد الضغط الهيدروستاتيكي مع العمق ، بمعدل واحد ضغط جوى لكل عشرة أمتار . ويؤثر الضغط الهيدروستاتيكي ، على الإتران الكيميائى للعناصر ، ودرجة ذوبانها ، ويزيد من درجة غليان الماء ، وبذلك يحفظ الماء فى الصورة السائلة ، على درجات الحرارة والضغط العالية .

ويعتبر الضغط الهيدروستاتيكي، من العوامل المحددة لنمو أنواع معينة من المجهرات ، فعلى عمق من ألف إلى عشرة آلاف متر، لضغط يزيد عن ١٠٠ ضغط جوى ، عزلت من قاع المحيط الباسيفيكي ، ميكروبات محبة للضغط المرتفع Barophiles ، مثل *Pseudomonas submarinus* ، لاتستطيع النمو عند الضغط الجوى العادى . وتعزل بكثريا الأعماق من قاع البحار ، باستعمال أجهزة جمع عينات حافظة للضغط المرتفع Pressure-retaining sampling devices.

الضوء Light

فى وجود الضوء ، تقوم الأحياء الممثلة للضوء كالطحالب ، وهى كائنات ذاتية التغذية ، بتكوين المواد العضوية . وتعتمد الأحياء المائية الأخرى فى نموها وتكاثرها ، بطريق مباشر أو غير مباشر ، على ما يتكون من تلك المواد العضوية ، إذ أن الأحياء الممثلة للضوء ، كائنات منتجة للمادة العضوية ، تقوم بالدور الأولى فى تكوين الوسط البيئى . Primary producers

وهناك ارتباط ، بين كثافة الضوء بالأعماق المختلفة للمياه ، وبين أعداد الطحالب ، وتوجد الطحالب فى الطبقات العليا من المياه ، التى يستطيع أن يتخللها الضوء ، ويختلف عمق المنطقة الضوئية باختلاف درجة التعكير والموسم ، وهى عادة من السطح حتى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، ومصدر الكربون لهذه الطحالب ، يأتى أساسا من البيكربونات الذائبة فى الماء .

الملوحة Salinity

تتراوح نسبة الملوحة فى المياه الطبيعية ، ما بين صفر فى المياه العذبة ، إلى درجة التشبع فى مياه بعض البحيرات الملحية . وتتميز مياه البحار ، بأرتفاع محتواها من الأملاح الذائبة ، والتى يتراوح تركيزها ما بين ٣٠ إلى ٣٧ جم/كجم ماء ، وأهم هذه الأملاح كلوريدات وكبريتات وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم .

وأغلب مجهرات البحار محبة للملوحة halophiles ، ويوجد نموها عند تركيز أملاح من ٢,٥ إلى ٤٪ ، بينما نجد أن مجهرات الأنهار والبحيرات حساسة للملوحة ، وتتوقف عن النمو ، إذا مازاد تركيز الملح عن ١,٠٪ .

التعكير Turbidity

تختلف درجة تعكير المياه بدرجة كبيرة من موقع لآخر ، فبينما نجد أن مياه بعض البحار شبه راتقة ، نجد أن مياه بعض الأنهار ، خاصة قرب الشاطئ ، شديدة التعكير ، ويأتى التعكير ، من المواد العالقة العضوية وغير العضوية ، وكذلك من المجهرات ، وتلتصق مجهرات المياه بأسطح المواد الصلبة العالقة ، وتسمى بكتريا المياه ، التى تنمو وتتكاثر وهى ملتصقة بالأسطح الصلبة، باسم Epibacteria .

تؤثر درجة تعكير المياه ، على نفاذية الضوء ، وبالتالي فإن زيادة التعكير ، تقلل من نشاط الكائنات الممثلة للضوء .

تركيز أيون الإيدروجين - pH

يتأثر درجة تركيز أيون الإيدروجين بالمياه ، بالظروف المحلية ، وبما يصل إلى الماء من مخلفات، ولكن ، تحت الظروف الطبيعية ، فإن درجة تركيز أيون الإيدروجين بالمياه ، تتراوح عموما ما بين ٧ إلى ٨,٥ ، وهى حدود تسمح بنمو مجهرات الأوساط المائية ، وإن كان النمو الأمثل لتلك المجهرات، يكون عند pH بين ٧,٢ الى ٧,٦ .

الكائنات الأخرى

تتوقف كثافة الميكروبات بالمياه ، إلى حدما ، على أنواع وأعداد الكائنات الأخرى الموجودة بالمياه ، مثالا على ذلك ، فإن معظم الهائمات الحيوانية تتغذى على البكتريا والطحالب ، كما تفتك البروتوزوا ، والبذيلوفيريو ، والبكتريوفاج، ببلايين البلايين من البكتريا ، وفى المقابل، فإن بعض أنواع البكتريا تفرز مضادات حيوية ، تؤثر على كائنات أخرى . كما تتغذى أنواع كثيرة من الميكروبات المترمة، على الاحياء الأخرى الميتة.

توزيع وأنواع المجهرات فى الأوساط المائية

Distribution and kinds of microorganisms in the aquatic environment

تتواجد المجهرات فى الوسط المائى فى جميع الأعماق ، بدءاً من الطبقة السطحية وحتى رواسب القاع . وتحتوى الطبقة السطحية من المياه ، ورواسب الأعماق ، على أعلى الأعداد من المجهرات . وبالإضافة إلى العوامل السابق ذكرها ، المؤثرة على أعداد وأنواع المجهرات بالمياه ، فإن حركة تلك المجهرات ، وتوزيعها بالمياه البحرية والمحيطات ، تتأثر أيضاً بعمليات المد والجزر ، والتيارات المائية ، والرياح .

الهائمات المائية - البلاكتون Plankton

الهائمات المائية (البلاكتون)، عبارة عن التجمعات الميكروبية ، الطافية والمائمة مع التيار ، فى الطبقة السطحية من النظام المائى. قد تتكون تلك التجمعات الميكروبية من النباتات، وتسمى هائمات مائية نباتية Phytoplankton ، وهذه تتكون أساساً من الطحالب، مثل الدياتومات ، والطحالب وحيدة الخلايا ثنائية الأسواط Dinoflagellates ، والطحالب الخضراء ، إضافة إلى السيانوبكتريا .

وقد تتكون التجمعات الميكروبية من حيوانات ، وتسمى هائمات مائية حيوانية Zooplankton ، وتتكون هذه من بروتوزوا، وحيوانات أخرى بسيطة . وتوفر طبقة البلاكتون ، سطحاً صلباً تنمو عليه تجمعات البكتريا .

وتعتبر المجهرات المختلفة الممثلة للضوء ، أهم الهائمات المائية ، لأن هذه المجهرات تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئى ، ولذلك فهي تعتبر منتجات أولية للمادة العضوية ، التى تكون الحلقة الأولى فى السلسلة الغذائية بالطبيعة . Primary producers of organic matter

وأغلب الهائمات النباتية متحركة ، لها تركيبات خلوية مناسبة ،
تساعد على الطفو Buoyancy.

ومن أمثلة الطحالب المكونة للهائمات النباتية البحرية

Diatoms	e.g. Coocinodiscus, Navicula, Skeletonema
Dinoflagellates	e.g. Gymnodinium, Gonyaulax
Phytoflagellates	e.g. Dichtyocha (Golden-brown silica flagellated algae)

ومن الطحالب الخضراء الموجودة بالمياه العذبة

Chlorella, Chlamydomonas, Scenedesmus, Spirogyra

ومن السيانو بكتريا Anabaena

أما الهائمات الحيوانية ، فإنها تتكون من مجموعة كبيرة متباينة من
الكائنات ، تتراوح من وحيدة الخلايا كالبروتوزوا ، إلى عديدة الخلايا
لافقارية كالقشريات ، وأمثلة لتلك الهائمات الحيوانية البحرية

Protozoa :	
Dinoflagellates	e.g. Noctiluca
Ciliata	e.g. Tintinnopsis

Crustaceans e.g. Calanus, Euchaeta, Euphausia

Rotifers e.g. Brachionus

Sea water discoloration

تلون مياه البحر

تحت ظروف بيئية مناسبة ، تنمو الطحالب الموجودة بالهائمات
النباتية البحرية ، بكميات كبيرة ، مسببة تلون مياه البحر . مثالا على ذلك ،
فإن اللون المميز للبحر الأحمر ، يعود إلى النمو الكثيف للسيانوبكتريا
المسماة Oscillatoria erythraea ، التي تحتوى على صبغتي
Phycocyanin & Phycoerythrin.

المياه العذبة غير الملوثة Non-polluted fresh water

فى البحيرات والأنهار الخالية من التلوث بالمخلفات ، تكون المياه راتقة ، شبه نقيه ، ونسبة العناصر الغذائية بها قليلة ، وأعداد الميكروبات بها محدود ، وتتضمن هذه ، أنواع من بكتريا التربة المترمة ، التى تستطيع النمو فى وجود كميات قليلة من العناصر الغذائية بالمياه ، مثل أفراد تابعة لأجناس :

Achromobacter, Flavobacterium, Micrococcus, Proteus, Pseudomonas. Spirillum and Bacillus

وقد نجد أيضا بكتريا مثل الأزوتوباكتر ، وبكتريا الفترة ، كما تنمو البكتريا ذات السوق مثل *Caulobacter* ، والبكتريا المتبرعمة *Hyphomicrobium* ، والبكتريا الشبيهة بالطحالب *Chlamydo bacteria* قرب الشواطىء ، وعلى أسطح الصخور .

وإذا توفر بالقاع ، كميات كافية من مواد عضوية متحللة ، تنمو الكلوستريديوم ، والبكتريا الأخرى اللاهوائية ، الإختيارية والحمية ، مثل البكتريا المختزلة للكبريت *Desulfovibrio* .

المياه الملوثة Polluted water

المياه الملوثة بمخلفات المجارى ، تشكل وسطا مناسباً لنمو الكثير من الميكروبات ، وتصل أعدادها لعدة آلاف . وفى هذه المياه ، نتوقع وجود البكتريا المعوية مثل *E. coli, Streptococcus, Clostridium*

وذلك ، بالإضافة إلى أنواع عديدة من بكتريا التربة المترمة مثل ، *Micrococcus, Sarcina, Spirillum, Vibrio, Bacillus* . والكثير من الأكتينومييسيتات ، والخمائر ، والفطريات ، والبكتريا الشبيهة بالطحالب ، والبروتوزوا ، والفيروسات المعوية.

وفى طين قاع المياه الملوثة ، فإن جهد الأكسدة والإختزال يكون منخفضا ، وتنمو أنواع البكتريا اللاهوائية مثل *Desulfovibrio, Clostridium*

Marine water

المياه البحرية

بحكم ظروف المياه البحرية ، فإن أغلب المجهرات الموجودة بها ، تعتبر محبة للبرودة ، ومحبة للملوحة أو متحملة لها ، وذات إحتياجات خاصة من أيونات الصوديوم ، وأيونات العناصر الأخرى الموجودة بمياه البحر . لذلك ، فإن مجهرات البحار ، لاتنمو إلا فى بيئة (وسط غذائى) ، تتكون أساسا من مياه بحر معتقة aged sea water ، مضافا إليها مصادر العناصر الغذائية الأخرى من كربون وبتروجين ... الخ .

ونستطيع أن نقسم مياه البحر من السطح إلى القاع ، إلى طبقات ، أو مناطق حيوية Biozones ، وذلك حسب الظروف البيئية الخاصة بكل منطقة ، (شكل ١-٢) ، وذلك الى المناطق الرئيسية التالية

Littoral zone (Beach water)

١- منطقة مياه الشاطئ الساحلية

ومياه هذه المنطقة ، ساحلية محانية لطول الشاطئ ، وينفذ من هذه المنطقة الضوء إلى الطبقات التالية ، وقد ينمو بها بعض النباتات ، ويحدث بهذه المنطقة المد .

Photic zone, Lighted zone

٢- منطقة المياه التى يتخللها الضوء

وهذه هى المنطقة العليا من مياه البحر ، التى يتخللها الضوء ، ويوجد بها الكائنات الممثلة للضوء المرتبطة بالهائمات النباتية ، وتشمل هذه المنطقة ، منطقة مياه الشاطئ الساحلية ، ويصل عمق هذه المنطقة ، إلى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، وذلك حسب الموسم ، ودرجة التعكير .

Aphotic zone, Dark zone

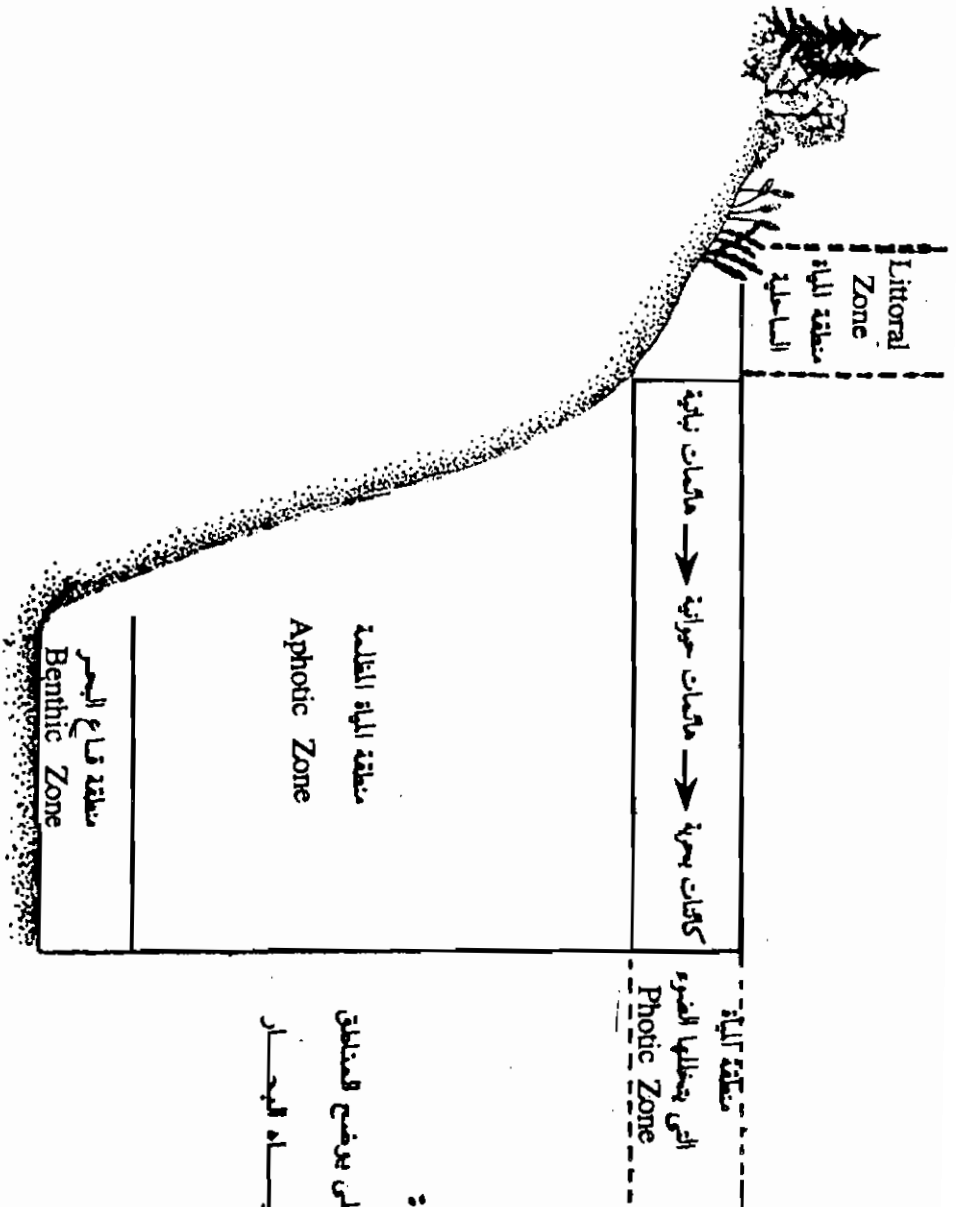
٣- منطقة المياه المظلمة

وهذه هى منطقة المياه العميقة بالبحر Profundal zone ، ولايصل الضوء لهذه المنطقة .

Benthic zone (Sea floor)

٤- منطقة قاع البحر

وتتكون منطقة القاع ، من رواسب ، وطين طرى .



شكل ٢-١

رسم تخطيطي يوضح المناطق
الحوية بمياه البحار

توجد أكثر الأنواع الميكروبية النشطة فسيولوجيا ، فى منطقة المياه الساحلية ، ومنطقة المياه التى يتخللها الضوء ، وهى أكثر مناطق مياه البحر نشاطا وانتاجا . وغالبا فإن البكتريا الموجودة بهذه الطبقات العليا، تكون ملونة ، حماية لها من تأثير أشعة الشمس، مثل

Chromobacterium, Flavobacterium, Micrococcus

كما يوجد بتلك الطبقات، جراثيم وهيفات الفطريات من نوع

Phycomycetes, Deuteromycetes, Myxomycetes

والبكتريا الشبيهة بالطحالب كلاميديا دوباكتريا مثل *Phragmidiothrix* كما يوجد أنواع متعددة من البروتوزوا، ذات الأسواط، وذات الأهداب .

ونجد أن رواسب القاع ، ومنطقة المياه المظلمة ، غنية بالكائنات عضوية التغذية (الهتروتروفية) ، وعندما تتكون رواسب القاع أساسا من مواد عضوية ، فإن البكتريا اللاهوائية هى التى تسود . وتسطيع بكتريا قاع البحر ، مهاجمة كل المواد العضوية الموجودة به ، وتقوم بعض البكتريا اللاهوائية ، بتحويل تلك المواد العضوية، إلى مواد شبيهة بالبتترول .

ومن أنواع البكتريا التى عزلت من رواسب قاع المحيطات ، تلك التى تقوم بتحليل السكريات، والنشا ، والسليولوز، والكيتين ، والدهون ، والبروتينات، واليوريا ، وتلك التى تقوم بعملية اختزال النترات، وإختزال الكبريتات ، وقد تصل اعداد البكتريا بتلك الرواسب إلى 10^8 / جم .

البكتريا المنتجة للضوء Photogenic bacteria

يوجد فى البحار ، عدة أنواع من البكتريا المنتجة للضوء ، وقد تسمى بالبكتريا المضيئة *Luminous bacteria*، وهى بكتريا محبة للبرودة، والملوحة ، ومعظمها سالب لصيغة جرام .

توجد هذه البكتريا متوطنة فى مياه البحر ، وقد تعيش فى حالة تعاون مع كائنات بحرية أخرى كالأسمك ، غير أن أغلبها لا يبث الضوء ، إلا فى مياه ملوحتها تعادل ملوحة مياه البحر ، أى حوالى ٣٪ ، وفى وجود الأكسجين .

ومن البكتيريا المضيئة التي عزلت من أسماك بحرية
Photobacterium phosphoreum, Vibrio pierantonii

دور الكائنات المجهرية فى الأوساط المائية

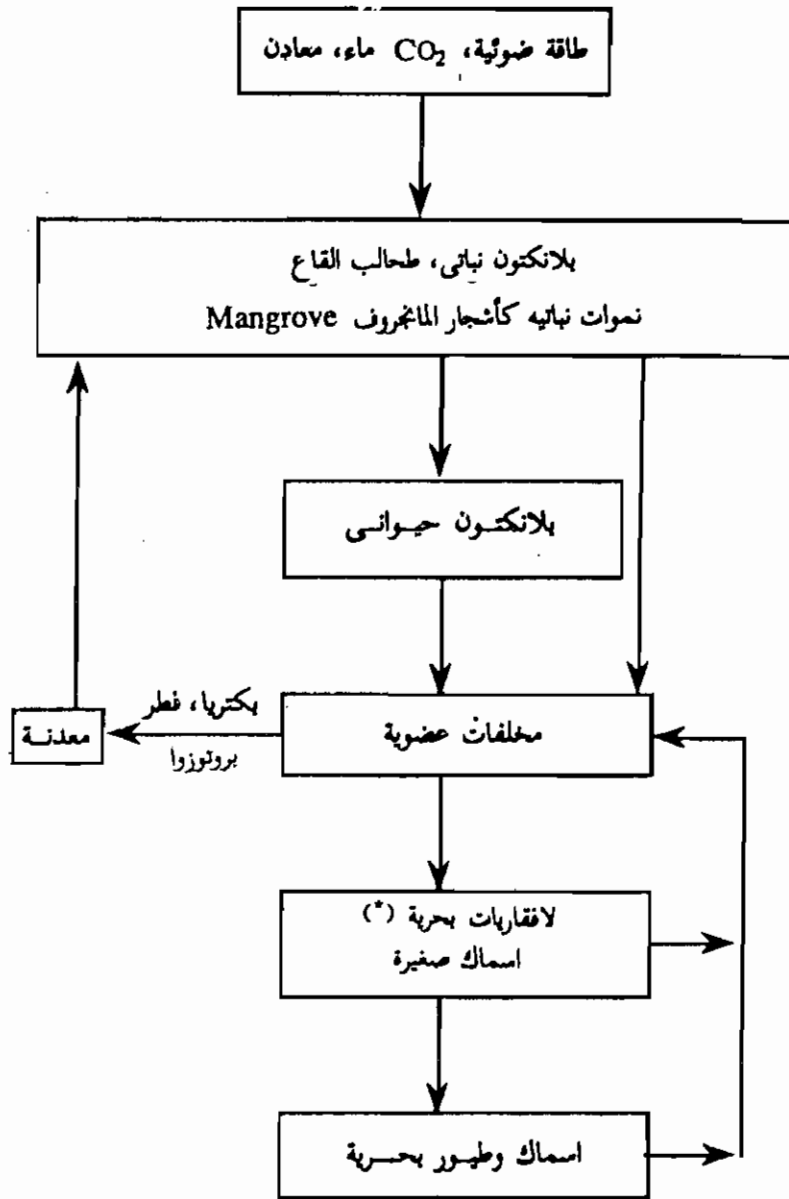
Role of microorganisms in aquatic environments

تشكل الحياة فى الأوساط المائية ، مجموعة من العلاقات المتبادلة ، بين الكائنات الدقيقة وبعضها ، وبين الكائنات الدقيقة والكائنات الأخرى الكبيرة ، نباتية كانت أو حيوانية ، فتلعب الكائنات الدقيقة ، خاصة الطحالب والبروتوزوا ، دورا أساسيا فى السلسلة الغذائية بالأوساط المائية ، كما أن الأنواع المتعددة من البكتيريا ، تحدث تغيرات بيوكيميائية فى العديد من المواد ، مما يسمح بإعادة تدوير العناصر ، ومعدنتها .

١- السلسلة الغذائية Food chain

من المعروف ، أن الطبقات السطحية من المياه ، بيئة مناسبة لنمو الطحالب . وينمو الطحالب ، تتوفر المادة العضوية ، فيصبح الوسط مناسباً لنمو البكتيريا الرمية ، التى تتغذى على المواد الميتة . ويموت الطحالب والبكتيريا ، تصبح غذاء للأحياء الأخرى (شكل ٢-٢) ، وعندما ترسب فى القاع ، تصبح غذاء للبكتيريا اللاهوائية .

وفى الحقيقة ، فإن النشاط البيولوجى فى الوسط المائى ، يعتمد على مدى نشاط الكائنات الممثلة للضوء ، الموجودة بهذا الوسط . إذ تعتبر تلك الكائنات ، المراعى البحرية Pasture of the sea للكائنات الأخرى . فالكائنات الممثلة للضوء الموجودة بالبلانكتون النباتى ، مثل السيانو بكتيريا ، والطحالب حقيقية النواة ، تعتبر ، كما ذكر سابقا ، المنتجات الأولية للمادة العضوية Primary producers ، فهذه الكائنات أثناء قيامها بعملية التمثيل الضوئى ، تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية ، وتكون المواد العضوية اللازمة للكائنات الأخرى غير الممثلة للضوء . وإضافة إلى ذلك ، فإن النباتات النامية ، تشارك أيضا فى توفير المواد العضوية ، بما يتخلف عنها من أوراق ، وسوق ، وجذور ، ومخلفات .



شكل ٢ - ٢ : رسم تخطيطي مبسط يوضح دورة السلسلة الغذائية بالبحار .

* مثل الجمبري، الكريل Krill (قشريات)، الحشرات، الديدان ... الخ .

وتعتمد أساسا ، خصوبة المحيط Ocean fertility ، أى قدرته على إنتاج مواد عضوية ، بواسطة ما يحتويه من كائنات ، على مقدار ما ينتج من بلاكتون نباتي. وهذا يعتمد على توفر الضوء ، وثاني أكسيد الكربون ، والماء ، والنتروجين ، والفوسفور غير العضوى ، والعناصر المعدنية الأخرى ، وتأتى عناصر النتروجين والفوسفور والمعادن ، من خلال معدنة المواد العضوية ، بواسطة الكائنات الدقيقة ، خاصة البكتريا :

٢- الدورات البيوكيميائية للعناصر Biochemical cycles

تتكون المواد العضوية الموجودة بالمياه ، نتيجة للأنشطة النباتية والحيوانية والميكروبية. ويعتبر تحلل تلك المواد العضوية فى الأوساط المائية، ومعدنتها إلى ثاني أكسيد كربون ، وماء ، وعناصر غذائية ، ومعادن، من أهم الأنشطة الحيوية، التى تقوم بها الكائنات الدقيقة.

وتحت الظروف الهوائية ، تكون أهم نواتج التحلل ، ثاني أكسيد كربون ، امونيا ، كبريتات ، فوسفات ، وهذه النواتج، تشكل العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات ، بما فى ذلك البلاكتون النباتي .

وتحت الظروف اللاهوائية ، تنتج موادا مختزلة مثل الميثان ، الإيدروجين، كبريتور الإيدروجين ، وذلك بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون، والأمونيا ، والفوسفات .

ومن الدورات البيوكيميائية الهامة للعناصر ، التى تتم فى الأوساط المائية، بواسطة الأحياء المجهرية : دورة الكربون ، دورة النتروجين ، دورة الكبريت ، دورة الفوسفور . ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذه الدورات ، فى الفصل الخامس ، الخاص بميكروبيولوجيا الأراضى .

٢- رواسب قاع البحار Marine sediments

يرسب فى قاع البحر ، كميات كبيرة من المواد الدياتومية Diatomaceous materials . وتأتى هذه المواد، من الكائنات التى لها جدار، يدخل فى تركيبه السليكا ، مثل طحالب الدياتومات Diatoms ، والبروتوزوا مثل :

Foraminifera, Radiolaria, Silico-flagellates

وتختلف سمك طبقة السليكا باختلاف نوع الكائن . وتساعد السيانوبكتريا على ترسيب كربونات الكالسيوم بالقاع ، وهذا يعمل على تكوين الحجر الجيري .

وتوجد هذه الكائنات الدقيقة بالبلانكتون النباتي والحيواني ، وعندما تموت ، تهبط إلى قاع البحر ، حيث تتجمع المخلوقات الدياتومية ، والرواسب الكلسية ، في طبقات ، قد تكون رقيقة ، أو سميكة في بعض الحالات ، كما في الرواسب الكلسية الطباشيرية ، بانجلترا وفرنسا .

وتلعب مجهرات القاع البحرية اللاهوائية ، دورا هاما في تحولات وترسبات الحديد والمنجنيز والكبريت ، برواسب قاع المحيطات ، وكذلك في تكوين الرواسب البترولية ، نتيجة لتحلل المواد العضوية المتراكمة بالقاع .

References

- Droop, M.R. and H.W. Jannusch (eds.), (1977). Advances in aquatic microbiology. Academic Press, New York. A series of Volumes, began to appear in 1977.
- Fogg, G.E. (1975). Algal cultures and phytoplankton ecology, 3 rd Ed. University of Wisconsin Press, Madison, USA.
- Rheinheimer, G. (1980). Aquatic microbiology, 2nd Ed. Wiley, New York.

الفصل الثالث

ميكروبيولوجيا مياه الشرب

■ مقدمة

■ تنقية مياه الشرب

■ الكشف عن الميكروبات المرضية

■ تقدير صلاحية المياه للإستعمال الأدمى

■ الإختبارات الطبيعية والكيميائية

■ المواد الإشعاعية

■ الإختبارات البكتريولوجية

■ احتياطات عند أخذ العينات

■ إختبار التلوث بمياه المجارى

■ طريقة المرشحات الغشائية

■ إختبار تركيز الكولاى

■ عدد البكتريا الكلى بالماء

■ إختبارات أخرى باستخدام كاشفات التلوث الحيوية

■ ميكروبات توجد بالمياه وتسبب بعض المتاعب

■ حمامات السباحة

■ الأمراض المنقولة عن طريق المياه

■ المراجع

الفصل الثالث

ميكروبيولوجيا مياه الشرب

Drinking Water Microbiology

مقدمة

تحصل معظم المجتمعات على المياه اللازمة للشرب ، من المياه السطحية ، كمياه الأنهار والبحيرات ، وهى مياه عرضة دائما للتلوث من مخلفات المنازل ، والمزارع ، والمصانع . وتزداد حدة مشاكل التلوث ، بإزدياد عدد السكان ، لزيادة ما ينتج عنهم من مخلفات .

وتسبب المياه الحاملة ، لميكروبات مرضية ، مشاكل صحية خطيرة ، إذ ينتقل عن طريق المياه ، الميكروبات المعوية المرضية Enteric disease microbes ، التى تسبب عدوى للجهاز المعوى ، مثل بكتريا التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا الباسيلييه ، والأميبية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى ، وتوجد هذه المسببات المرضية ، فى بول وبراز المرضى وحاملى العدوى ، وتنساب هذه الميكروبات مع مياه المجارى ، فتنقل إلى مياه الشرب وتلوثها.

لذلك ، فإن معالجة مياه المخلفات ، للقضاء على ما بها من ميكروبات مرضية ، وذلك قبل التخلص منها ، بالقائها فى بحر أو نهر ، تعتبر عملية حيوية ، كما وأن تنقية مياه الشرب ، قبل الإستعمال ، تعتبر أيضا من العمليات الضرورية ، لحماية المستهلكين ، مما تحمله المياه من ميكروبات مرضية .

والمصطلحات التالية دارجة الاستعمال ، فى مجال ميكروبيولوجيا مياه الشرب

Potable water

١- المياه الصالحة للشرب

وهى مياه ، عديمة اللون والطعم والرائحة ، خالية من المواد المعلقة، والمواد الكيميائية ، والمواد المشعة ، والميكروبات المرضية .

Non-potable water

٢- مياه غير صالحة للشرب

هذه المياه ، عكس المياه السابقة الصالحة للشرب ، تنقص أى شرط من الشروط الخاصة بالمياه الصالحة للشرب ، فقد تحتوى على معلقات، أو كيماويات ، أو مواد مشعة ، أو ميكروبات ضارة بالصحة .

Polluted water

٣- مياه ملوثة

هذه المياه ملوثة بمواد ضارة ، كالكيماويات والميكروبات المرضية، لذلك فهى غير صالحة للشرب ، لأنها تعرض صحة الإنسان للخطر ، كما تسبب أضرارا كبيرة للحيوان والأحياء المائية ، وتلوث التربة أيضا .

وتتلوث المياه العذبة ، من عدة مصادر ، منها

- الأمطار الحامضية

وينتج المطر الحامضى ، من تلوث الجو بغازات المصانع ، حيث تتفاعل أكاسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين ، الموجودة بأبخنة المصانع ، مع بخار الماء الموجود بالجو أو بالسحب ، فيتكون حامضى الكبريتيك والنتريك ، ويصبح المطر حامضيا .

- مخلفات الصرف الصحي (مخلفات المجارى)

وتعتبر هذه المخلفات ، المصدر الأساسى لتلوث مياه الشرب بالميكروبات المعوية المرضية .

- مخلفات النشاط الصناعى للإنسان

وتحمل هذه المخلفات ، الكثير من المعادن الثقيلة ، كالححاس ، والكروم ، والكانميوم ، والزنك ، والزنثيق وغيرها ، وقد تحمل المخلفات الصناعية مواداً مشعة .

- المخلفات الزراعية

تحمل هذه المخلفات ، متبقيات المخصبات الزراعية ومبيدات الآفات ، التى قد تصل مع مياه الري والصرف ، إلى موارد المياه العذبة .

عموماً ، فإن مياه المناطق الحارة ، تكون مشجعة لنمو الميكروبات المرضية ، عن مياه المناطق الباردة ، إذ أن برودة المياه تحد من نمو هذه الميكروبات ، كما أن مشكلة التلوث بمخلفات المجارى ، تزداد حدتها فى الدول النامية ، حيث معدل الزيادة السريع فى عدد السكان ، وعجز الموارد المالىة عن علاج التلوث الناتج ، وجهل الأفراد بأهمية المحافظة على المياه من التلوث .

Water Purification

تنقية مياه الشرب

إذا لم يتيسر الحصول على مصدر ماء ، خالى من التلوث ، فإنه يجب تنقية الماء ، حتى يصبح صالحا للإستهلاك الآدمى ، بإستخدام الخطوات التالية (انظر شكل ٣-١) .

١- وقاية مصدر المياه من التلوث بمياه المجارى

يعتبر تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، أهم وأخطر مصادر التلوث، فهو الطريق الوحيد ، من الناحية العملية ، التى تصل عن طريقها الميكروبات المرضية ، إلى مياه الشرب ، وينتج ذلك من مرور مصادر مياه الشرب بجوار مصدر مجارى ، فترشح مياه المجارى إلى قنوات المياه ، أو ينتج التلوث من صرف مخلفات المجارى ، فى نهر ، أو مصدر لمياه الشرب .

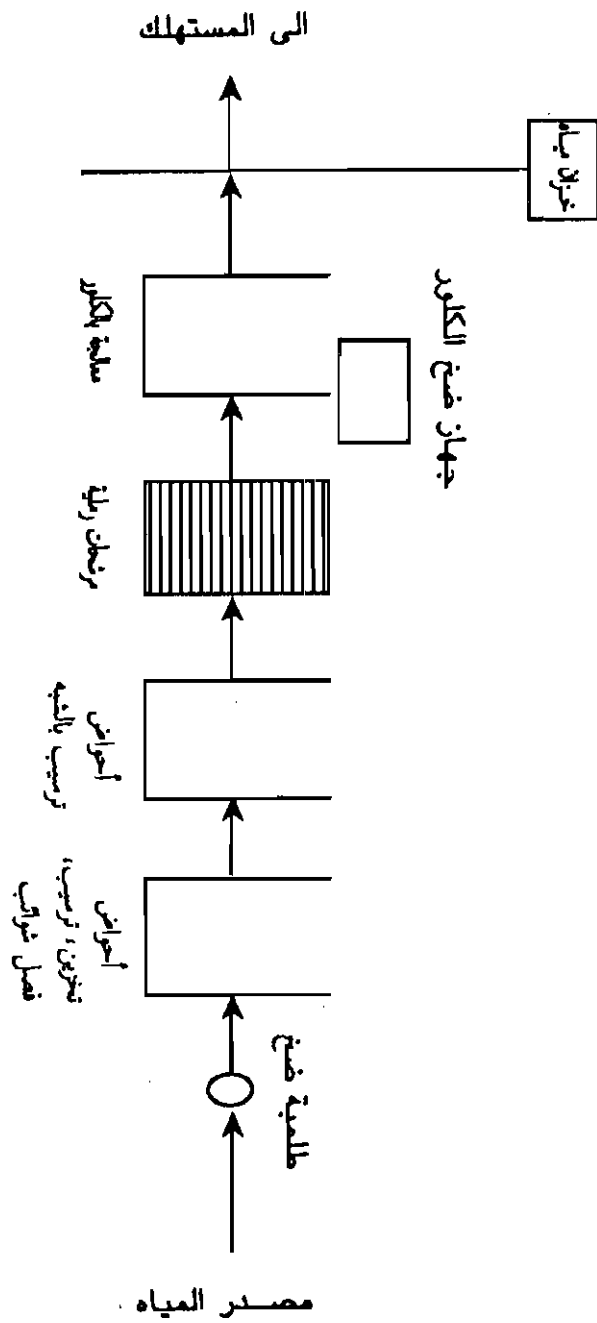
لذلك ، فإنه يلزم معالجة مياه المجارى ، والتخلص منها بالطرق الصحية والتى ستذكر بالفصل الرابع. علما ، بأن مياه المجارى بالمدن ، تجمع فى مواسير مغلقة ، بعيدة عن مواسير مياه الشرب ، حتى لا تتسرب اليها ميكروبات مياه المجارى ، ثم يجرى التخلص منها . وبذلك ، يعتبر ازالة مصدر التلوث ، والوقاية من التلوث بمياه المجارى ، بداية الخطوات التى تتبع فى تنقية مصدر المياه .

Sedimentation

٢- الترسيب

بترك المياه ساكنة لمدة من الزمن ، فى خزانات أو أحواض ترسيب ، فإنه ، يرسب ما بها من مواد عالقة وميكروبات الى القاع . ولزيادة سرعة الترسيب ، تضاف الشبه (كبريتات الالومونيوم والبولتاسيوم) ، أو أملاح الحديد (كبريتات الحديدك) الى الماء ، لزيادة سرعة تجمع الحبيبات ، وتكوين معلق غروى ، يرسب سريعا ، حاملا معه الاحياء الدقيقة والاجسام المعلقة .

وعملية الترسيب ، تقلل من المحتوى الميكروبي للمياه ، ولكنها لا تعتبر بمفردها كافية لتنقية المياه ، تنقية تامة مما بها من ميكروبات ، ولذلك فهى تعتبر خطوة اولى فى عملية التنقية .



شكل ٣ - ١ : الخطوط الأساسية لتنقية المياه

Filtration

٣- الترشيح

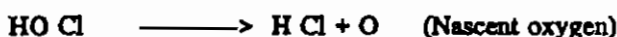
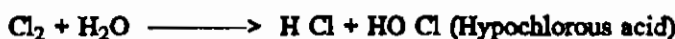
ويتم ذلك بامرار الماء على طبقات متعاقبة ، من الحجارة والحصى والرمل الخشن والناعم ، وبذلك تحجز هذه الطبقات - خاصة طبقة الرمل الناعم - معظم المواد العالقة ومعظم الميكروبات من المرور . وعندما يستمر تشغيل المرشح ، تتكون طبقة جيلاطينية من الميكروبات والمواد العضوية ، تملأ المسافات الموجودة بين حبيبات الرمل الناعم ، فتزيد من كفاءة الترشيح، ولكنها فى نفس الوقت تقلل من سرعته . وعند حدوث ذلك يجب تنظيف المرشح .

يمكن أن يتم الترشيح ، بالطريقة البطيئة أو بالطريقة السريعة ، وفى الطريقة البطيئة ، تلزم مساحات كبيرة نسبيا ، اما فى الطريقة السريعة ، فيكون الترشيح فى عدة وحدات ، حتى يمكن تشغيل بعضها مع تنظيف البعض الآخر، مع اضافة الشبه أو أملاح الحديدك لزيادة سرعة الترسيب ، وتمرر المياه المرشحة ، أما تلقائيا ، أو تحت ضغط .

والترشيح ، لا يعتبر الخطوة النهائية فى عملية التنقية ، لانه لايزيل كل الاحياء الدقيقة الموجودة بالمياه ، بل يتبقى بعضا منها، فالمرشحات الرملية التى تعمل بطريقة صحيحة ، تحجز حوالى ٩٠ - ٩٩% من الاحياء الدقيقة ، وتحجز كذلك معظم المواد العالقة ، وهذا يسهل اجراء التنقية النهائية للماء ، للتخلص مما بقى به ، من الاحياء الدقيقة .

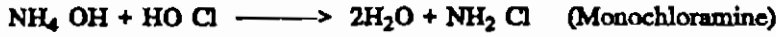
٤- التطهير بإضافة الكلور (الكلورة) Chlorination

تعتبر هذه الخطوة غالبا ، آخر عمليات تنقية المياه ، وفيها يضاف الكلور أو مركباته ، إلى المياه لتطهيرها ، وعند إضافة الكلور إلى الماء ، يحدث التفاعل الآتى



وبذلك ينتج أكسجين نشط حديث التولد ، قادر على قتل الميكروبات الدقيقة ، عن طريق اكسدة محتوياتها ، وهذا بالاضافة ، الى أن للكلور تأثير قاتل ، عن طريق اتحاده المباشر ببروتين الخلية .

وقد يضاف الكلور مع الامونيا ، فيتكون احادى الكلورامين Monochloramine ، الذى يتحلل ببطء ، ويمنع الفقد السريع للكلور ، وهو يعتبر من العوامل المبيدة ، الا أنه أبطأ فى التأثير من الاكسجين النشط.



وقد يستعمل مسحوق قصر الالوان Bleaching powder ، وهو Calcium hypochlorite ، فى صورة محلول أو أقراص ، بدلا من الكلور ، فى تنقية المياه لسهولة استعماله . وهو مع الماء يعطى التفاعل التالى



وتتوقف كمية الكلور أو مركباته التى تضاف الى الماء ، على عوامل عديدة منها

١- تركيز الكلور ومدة التأثير .

٢- عند وأنواع الاحياء الدقيقة الموجودة بالماء فالبكتريا الخضرية ، والسالبة لصبغة جرام ، شديدة الحساسية للكلور ، بينما البكتريا المتجرثمة ، والجراثيم الحره ، والبكتريا الموجبة لصبغة جرام ، والبكتريا الصامدة للأحماض ، والبروتوزوا المتحوصلة ، مقاومة لتركيزات الكلور المستعملة عادة .

٣- كمية المادة العضوية خاصة البروتينية الموجودة بالماء فالكلور يتحد بالمادة العضوية ، فيقل تركيزه ، وتضعف فاعليته .

٤- درجة الـ pH ، ودرجة الحرارة فتزيد سرعة تفكك الكلور فى الوسط الحامضى ، وفى الحرارة العالية ، فيقل تأثيره .

وفى أغلب الاحوال ، يستعمل غاز الكلور المضغوط الى سائل لتنقية مياه الشرب ، مع استعمال اجهزة خاصة لإضافة ، لضبط الكمية الداخلة الى الماء .

ولتنقية المياه ، تضاف كمية كافية من الكلور ، تكفى لتنقية المياه ، ويتبقى بعد ٢٠ دقيقة من اضافته ، ٠,٢ الى ٢,٠ مجم / لتر (جزء فى المليون) على الاقل ، من الكلور الفعال المتخلف Residual chlorine ، فوجود هذه النسبة ، يدل على ان كمية الكلور المضافة ، كانت كافية لقتل الميكروبات الحساسة ، مع تبقى جزء منه كاحتياط وقائى ، ضد احتمالات التلوث الاخرى .

وتزداد النسبة المضافة من الكلور ، اذا زاد عند الميكروبات بالماء ، او احتوى الماء على مواد عضوية ، أو مواد قابلة للأكسدة ، وأيضا ، حسب الظروف الصحية بالمنطقة .

بعد معالجة المياه بالكلور ، توزع هذه المياه على المستهلكين ، بواسطة مواسير مغلقة ، بعيدة عن مياه المجارى ، حتى لاتتسرب اليها الميكروبات ، وتتلوث مرة أخرى .

٥- اضافة الفلور (الفلورة) Fluoridation

تهتم بعض الدول ، بإضافة الفلور الى ماء الشرب قبل توزيعه على المستهلكين ، لما لذلك ، من تأثير على تقليل نسبة التسويس فى الأسنان Dental caries ، وتآكلها Tooth decay ، خاصة فى الاطفال الصغار ، الذين ما زالت أسنانهم فى مرحلة التكوين

ويضاف الفلور ، فى صورة فلوريد الصوديوم ، أو سيليكو فلوريد الصوديوم أو الامونيوم ، ليعطى فلور متخلف Residual fluorine ، قدره ١ جزء فى المليون ، وهى نسبة كافية لايقاف التسويس بأسنان الأطفال

وتأثير ايون الفلور ، على منع التسويس غير معروف بالضبط ، وقد يعود الى اتحاده المباشر مع الأسنان نفسها ، أو الى تداخله مع إنزيمات البكتريا المنتجة للحمض الموجودة بالفم ، وهى المسببة للتسويس ، أو الى عوامل اخرى .

قد تتضمن تنقية المياه ، بعض العمليات الأخرى ، مثل إزالة أملاح معادن الكالسيوم والمغنسيوم ، المسببة لعسر الماء ، بترسيبها بإضافة الجير ، وضبط الرقم الهيدروجيني ، إذا كانت المياه شديدة الحموضة أو القلوية ، وإزالة الألوان والطعم ، غير المرغوب فيه .

بعض الطرق الأخرى المستعملة فى تنقية المياه

الغلى

غليان الماء لمدة ١٠ دقائق ، يكون كافيا لقتل الميكروبات الممرضة غير المتجرّثة ، والخلايا الخضرية الأخرى ، الموجودة بالماء .

الاشعة فوق البنفسجية

تستعمل هذه الطريقة ، لمعالجة المياه المعبأة فى زجاجات ، لأنها لاتعطى لها أى طعم ، وهذه الطريقة مجدية ، فى المياه الخالية من المواد العضوية ، والمحتوية على عدد قليل من الميكروبات .

الكشف عن الميكروبات المرضية (كاشفات التلوث الحيوية) Bio-indicators

الكشف عن الميكروبات المرضية بالماء ، امر بالغ الصعوبة ، اذ ان هذه الميكروبات ، قد توجد بأعداد قليلة ، مما يجعل من الصعب عزلها فى مزارع نقية ، كما انه ليس من السهل تمييزها بالشكل الخارجى ، عن الميكروبات الاخرى غير المرضية ، فاذا ما اريد الكشف عنها ، وتمييزها عن غيرها ، فإن ذلك يتطلب عملا ومجهودا كبيرا ، ووقتا طويلا قد يحدث أثناء خطر ، وبالرغم من ذلك ، فقد لايتوصل الى نتائج مرضية . لكل هذه الصعوبات ، فانه يلجأ للكشف عن الميكروبات المرضية ، بطريقة غير مباشرة .

ونظرا لان اهم الامراض التى تنتقل عن طريق المياه ، هى التيفود ، والباراتيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، والفيروسات المعوية ، وهى كلها تتسبب عن ميكروبات معوية ، تأتى من المواد البرازية ، لذلك ، فإن وجود مياه مجارى فى مياه الشرب ، يدل على أن هذه المياه خطيرة ، اذ قد تحتوى على واحد أو اكثر من الميكروبات المرضية ، السابق الإشارة إليها. ومن المعروف ، أن أمعاء الإنسان ، والحيوانات ذات الدم الحار ، تحتوى على أعداد كبيرة من الميكروبات ، أغلبها من النوع غير الضار ، ومن هذه الميكروبات Escherichia coli ، الذى يوجد بكثرة فى البراز .

وعلى ذلك ، فإن وجود ميكروب E. coli فى ماء الشرب ، يؤخذ كدليل حيوى Bioindicator, Indicator organism ، على تلوث هذه المياه ، بمياه المجارى ، إذ تعتبر هذه الميكروبات كاشفات للتلوث . ويعنى هذا ، أن المياه التى يوجد بها كاشفات التلوث ، مثل E. coli ، يحتمل أن يوجد بها ميكروبات مرضية معوية ، مثل التيفود ، والباراتيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، والفيروسات المعوية ، مثل تلك المسببة لشلل الأطفال .

تتنمى بكتريا E. coli ، إلى ما يسمى بمجموعة بكتريا القولون Coliform ، وقد تسمى هذه المجموعة أيضا بأسم Colon group, Coli-aerogenes group ، وتنصف ، أفراد هذه المجموعة ، بأنها ، عصوية قصيرة ، سالبة لصبغة جرام ، غير متجترمة ، متحركة ، اختيارية للهواء ، تحلل سكر اللاكتوز ببيئة بويون اللاكتوز ، وتنتج حامضا وغازا .

والأسباب التي دعت لإختبار *E. coli* ، كدليل حيوى للكشف عن التلوث، هى أن الكشف عن بكتريا *E. coli* ، ميسور ، بالإضافة إلى أن هذه البكتريا من السهل تداولها ، فهى غير ممرضة ، ولا تضر القائمين بالعمل ، ومصدرها برازى ، وتوجد دائما بالمياه الملوثة ، مادامت البكتريا المرضية موجودة بها، وتعيش بالمياه لمدة أطول من الميكروبات المرضية ، والمياه السليمة غير الملوثة ، خالية من بكتريا *E. coli* .

ونظرا لأن بكتريا *E. coli* مصدرها برازى Fecal ، بينما يوجد افراد أخرى من بكتريا القولون ، مصدرها غير برازى Non-fecal ، وقادرة أيضا على تحليل سكر اللاكتوز ، لحامض وغاز ، مثل بكتريا *Enterobacter aerogenes* ، التى توجد على النباتات ، والحبوب ، وفى التربة ، ومثل بكتريا *Klebsiella* التى مصدرها القناة التنفسية ، لذلك ، فإنه بعد الكشف عن مجموعة بكتريا القولون بالمياه، فإنه يجب التمييز بين الميكروبات المحللة لسكر اللاكتوز ، البرازية ، وغير البرازية ، حتى يتسنى الحكم بدقة ، على تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، أما باقى البكتريا المعوية ، مثل *Proteus, Salmonella, Shigella* . فهى غير محللة لسكر اللاكتوز .

تقدير صلاحية المياه للإستعمال الأدمى

نحكم على صلاحية المياه للإستعمال ، بعد أن نجرى عليها، مجموعة من الإختبارات الطبيعية ، والكيميائية ، والإشعاعية ، والميكروبيولوجية. وتجرى هذه الإختبارات أيضا، بشكل دورى ، لمتابعة الظروف الصحية لمياه الشرب.

ويمكن معرفة الخطوات العملية لإجراء هذه الإختبارات ، بالرجوع الى أحد المراجع المتخصصة ، مثل مرجع

Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th Ed., 1980.
Published by American Public Health Association, New York.

وفى الصفحات التالية ، سنستعرض بعض النقاط الهامة ، الخاصة بهذه الإختبارات .

الاختبارات الطبيعية والكيميائية

من الاختبارات الطبيعية والكيميائية التى تجرى ، تقدير تركيز أيون الإيدروجين pH ، الإحتياج الأكسجيني الحيوى (BOD, Biological oxygen demand)، الأملاح الكلية الذائبة ، الكلوريدات ، الأمونيا ، النتريت ، النترات ، أملاح الكالسيوم والمغنسيوم التى يدل وجودها على درجة عسر الماء ، كما يكشف عن وجود الرصاص ، النحاس ، الحديد ، المنجنيز ، الزئبق ... وغيرها من المعادن والأملاح ، التى قد توجد بكميات ، تجعل المياه ضارة .

والجدول (١-٣) ، يوضح متوسط نتائج تحاليل عينات من ماء النيل، ومن مياه مجارى حديثة ، من منطقة القاهرة .

جدول ١-٣ : متوسط بعض التحاليل الطبيعية والكيميائية ، لعينات مياه مأخوذة من منطقة القاهرة ، عام ١٩٩٠* .

ماء مجارى حديثة	ماء النيل خام	التحليل
٧,٢	٨,٣	تركيز أيون الإيدروجين
٥٠٠	١٢٠	الأملاح الكلية الذائبة مجم / لتر
١١٠٠	٢٠٠	المتبقى على درجة ١٠٥°م مجم / لتر
٢٦, -	٠,١٦	امونيا حرة N مجم / لتر
٨, -	٠,٤	نتروجين عضوى N مجم / لتر
صفر	صفر	نترات N مجم / لتر
١٤	١٠	نسبة ك / ن C / N ratio
٣٠٠	٣	الاحتياج الأكسجيني الحيوى BOD مجم أكسجين / لتر بعد خمسة أيام

* Ref.: Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 38(2), 461 - 466, 1993.

وفى المواصفات الأمريكية ، فإن الماء الصالح للشرب ، يجب أن يحتوى من الناحية الكيميائية ، على أجزاء فى المليون ، اقل من

٥٠٠	مواد صلبة كلية ،	٢٥٠	كلوريدات وكبريتات ،
١٢٥	مغنسيوم	١٥	زنك ، ١,٥ فلور ،
٠,٣	نحاس	٠,٣	حديد ومنجنيز ،
٠,١	رصاص	٠,٠٥	زرنخ وسيلينيوم ،
٠,٠٠١	فينول		

وتفيد نتائج الاختبارات الطبيعية والكيميائية للمياه ، فى معرفة تاريخ المياه ، وفى التنبيه إلى خطر محتمل ، كما يحدث فى حالة ملاحظة ارتفاع نسب بعض العناصر عن معدلاتها ، مثل الأمونيا ، والكلوريدات .

وتمتاز الإختبارات الطبيعية والكيميائية ، بسهولة إجرائها ، وسرعة الحصول على نتائج منها ، عكس الحال فى حالة الإختبارات الميكروبيولوجية ، الصعبة فى إجرائها ، والتي تظهر نتائجها بعد وقت أطول ، ولكنها تفيد فى إعطاء حكم مباشر ، على صلاحية الماء للإستعمال ، وعن حدوث تلوث بمياه المجارى .

ويمكن من نتائج الإختبارات الكيميائية للمياه ، الاستدلال على مايلى

- يدل إنخفاض الرقم الإيدروجينى ، على زيادة حموضة المياه ، والحموضة المرتفعة ضارة بالصحة ، وتزداد حموضة المياه فى المناطق الصناعية ، نتيجة تلوث المياه من مخلفات المصانع ، أو من الأمطار الحامضية .

وتعمل محطات تنقية المياه ، على توفير مياه للمستهلك ، متعادلة التأثير ، أو تميل قليلا للقلوية .

- يدل ارتفاع مقياس الاحتياج الأكسجيني الحيوى للمياه، Biological oxygen demand, (BOD) ، على وجود مواد عضوية ملوثة بالمياه ، بنسبة مرتفعة ، وهذه المواد تناسب وجود الميكروبات المرضية ، وتؤدى إلى بقائها بالماء ، لمدة أطول .

والإحتياج الأكسجيني الحيوى ، مقياس لكمية الأكسجين التى تستهلكها الكائنات الدقيقة ، خلال قيامها بأكسدة المواد العضوية الموجودة بالماء ، وتمثيلها بخلاياها ، حيث يتم فى هذا الإختبار ، تقدير كمية الأكسجين ، التى تمتصها عينة من الماء ، محضنة على درجة ٢٠°م لمدة خمسة أيام .

ويؤخذ هذا المقياس ، كدليل ، للتعبير عن كمية المادة العضوية الموجودة بالمياه ، ويستخدم أيضا لتقدير مدى نجاح النظام المستخدم ، لمعالجة المياه ، أو مخلفات المجارى .

- يدل وجود نسبة مرتفعة من الكلوريدات بالماء (أكثر من ٥٠ مجم / لتر ماء) ، على احتمال وجود مياه مجارى مختلطة بمياه الشرب ، لأن البول يحتوى على نسبة مرتفعة من الكلوريدات .

- يدل وجود نسبة مرتفعة من الأمونيا بالمياه (أكثر من ٠,٥ مجم أمونيا / لتر ماء) ، على حدوث تلوث بمياه المجارى ، لأن البول يحتوى على نسبة مرتفعة من اليوريا ، التى تتحلل بسرعة ، إلى أمونيا ، و CO_2 .

وتتحول الأمونيا عادة ، إلى نترت ، ثم إلى نترات ، ووجود نسبة عالية من النترت بالماء (أكثر من ٠,٢ مجم NO_2 / لتر ماء) ، يدل على أن تلوث الماء بمياه المجارى ، تلوثا حديثا ، بينما يدل وجود نسبة مرتفعة من النترات (أكثر من ٥ مجم NO_3 / لتر ماء) ، على أن التلوث قديم .

تتحد الأمينات ، الناتجة من تحلل المخلفات العضوية الملوثة للمياه ، مع النيتريت ، ويتكون نيتروز أمين Nitrosamine ، وهى مادة مسرطنة ، وقد وجدت هذه المادة فى المياه الطبيعية ، بنسب تتراوح بين ٠,١ الى ٢,٧ ميكروجرام / لتر ماء ، غير أن وجودها فى مياه الشرب ، غير مرغوب .

- وجود نسبة مرتفعة من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم بالماء ، دليل على عسر الماء ، مما يستلزم معالجته كيماويا ، بالترسيب بإضافة الجير . وتسبب كبريتات المغنسيوم ، مرارة بالماء.

- يدل وجود المعادن الثقيلة بالمياه ، على حدوث تلوث من مخلفات المصانع، مما يستدعى الحذر ، وإتخاذ الإجراء المناسب .

المواد الإشعاعية

قد تختبر مياه الشرب للمواد الإشعاعية ، خاصة مياه المناطق التى يوجد بها نشاط إشعاعى ، من مفاعلات ، أو تفجيرات ، أو تجارب ، أو نفايات ... الخ .

وتعتبر منظمة الصحة العالمية ، أن الحد الأقصى المسموح به ، لوجود مواد ذات نشاط إشعاعى فى لتر من الماء ، هو

- ١ ميكرو ميكروكورى ، للمواد التى تنبعث منها أشعة ألفا .
- ١٠ ميكروكورى ، للمواد التى تنبعث منها أشعة بيتا .

الاختبارات البكتريولوجية

احتياطات عند أخذ العينات

يجب أن تكون العينة المأخوذة ، ممثلة تماما لمورد المياه المراد إختباره ، وتؤخذ العينات تحت شروط التعقيم ، مع سرعة إجراء التحليل ، حتى لا يحدث تغير فى المحتوى الميكروبي ، وإلا فتحفظ العينات فى ثلاجة من ٥ - ١٠°م ، لمنع حدوث أى تغير بالعينة .

ويراعى عند أخذ عينات المياه

- إذا كانت العينة من ماء حنفية تعقم فوهة الحنفية باللهب ، ثم تترك مفتوحة لمدة ٥ دقائق ، قبل أخذ العينة .
- إذا كانت من مياه طلمبات تترك الطلمبة تعمل لفترة من الزمن ، تكفى للتخلص من المياه المخزنه بالمواسير ، وذلك قبل أخذ العينة .
- إذا كانت من مياه معاملة بالكلور يوضع فى زجاجات جمع العينات ، ٠,٢ جم مسحوق ثيو سلفات الصوديوم لكل لتر ، حيث تتحد هذه المادة مع الكلور المتبقى بالمياه ، فتوقف تأثيره .
- إذا كانت العينة من مياه جارية توجه فتحة زجاجة جمع العينات ، لتكون عكس التيار .
- إذا كانت العينة من مياه ساكنة تؤخذ العينات من تحت سطح الماء ، لتجنب التلوث من المخلفات التى على السطح .

وتوجد طرق عديدة ، للحكم على صلاحية المياه للاستعمال والشرب، ولكن اسلم هذه الطرق ، هو اختبار التلوث بمياه المجارى ، بالكشف عن مجموعة بكتريا القولون ، ثم التمييز ، بين المجموعة البرازية ، والمجموعة غير البرازية.

اختبار التلوث بمياه المجارى

أ- الكشف عن بكتريا القولون Coliform

يتم ذلك فى خطوات هى

١- الاختبار الاحتمالى Presumptive test

٢- الاختبار التحقيقى (التأكيدى) Confirmatory test

٣- الاختبار التكميلى Completed test

ويجدر بالذكر ، أن عينات المياه التى تعطى نتيجة ايجابية فى الاختبار الاحتمالى ، لاتعنى ضرورة وجود ميكروبات القولون بها ، فقد يتكون الحامض والغاز لأسباب أخرى ، منها

١- وجود بكتريا لاهوائية محللة لسكر اللاكتوز ، مثل وجود أنواع من الكلوستريديوم ، مع بعض البكتريا الهوائية .

٢- وجود بكتريا متجزمة ، لها القدرة على تحليل سكر اللاكتوز مع انتاج حامض وغاز ، مثل B. megatherium .

٣- ظاهرة التنشيط (التآزر) * Synergism ، وفيها يحلل احد الميكروبات سكر اللاكتوز ، وينتج حامضا ، ومركباتا وسطية ، بينما يوجد ميكروب آخر يحلل بعض تلك المركبات الوسطية ، وينتج غازا ، مثل وجود ميكروبى .

Staphylococcus aureus ، الذى ينتج الحامض ، و Proteus vulgaris ، الذى ينتج الغاز

ويلاحظ أن الغاز لايتكون ، إلا عند وجود الميكروبين معا بالوسط .

* ظاهرة التآزر ، هى إحدى صور العلاقات التعاوانية ، بين نوعين من الميكروبات ، وتعنى هذه الظاهرة ، قدرة النوعين من الميكروبات ، مع بعضهما ، على القيام بعمل ، أو تفاعل ، لم يكن أيا منهما ، قادر بمفرده ، على القيام به .

وحيث أن ظاهرة التآزر ، غالبا ماتحدث بين ميكروبين ، احدهما موجب ، والاخر سالب لجرام ، فانه يمكن تجنب هذه الظاهرة اثناء الكشف، بإضافة صبغة Triphenyl methane dye بنسبة ١ إلى ١٠٠ الف ، التي توقف نمو الميكروبات الموجبة ، دون ان تؤثر على نمو الميكروبات السالبة ، مثل E. coli .

من الإختبارات الأخرى ، الخاصة بالكشف عن مجموعة بكتريا القولون بالماء ، استخدام الفاج ، مثل Coli - phage ، إذ أنه يوجد دائما فى البراز . وهذه الطريقة ، متخصصة ، سهلة ، وسريعة ، وتظهر نتائجها فى خلال ٢٤ ساعة .

ويمكن الرجوع إلى التفصيلات الخاصة بهذه الإختبارات ، فى المراجع العملية المتخصصة .

ب - التمييز بين أفراد مجموعة بكتريا القولون

للتمييز بين المجموعة البرازية Fecal group ، التى يمثلها E. coli ، وبين المجموعة غير البرازية Non-fecal group ، التى يمثلها Ent. aerogenes ، تجرى مجموعة* إختبارات تعرف باسم IMViC test ، وهى إختبارات الأنتول (I)، احمر الميثيل (M) ، فوجز بروسكور (V) ، سترات الصوديوم (C) .

بالإضافة الى ذلك ، قد يجرى إختبار ايكمان Bijkman ، على بيئة ماكونكى السائلة Mac Conkey broth ، والتحصين لمدة ٢٤ ساعة على درجة ٤٤° م ، والكشف عن تكون حامض وغاز ، وكذلك فحص المستعمرات النامية على بيئة Eosin methylene blue (EMB) .

فاذا ثبت بعد هذه الإختبارات ، وجود ميكروب E. coli ، فمعنى ذلك ان الماء المختبر ، لا يصلح للشرب ولا للإستعمالات الأخرى ، بينما وجود Ent. aerogenes يسمح باستعمال هذه المياه للشرب (انظر جدول ٢-٣ أ ، ب).

جدول ٢-٢ : التمييز بين أفراد مجموعة بكتيريا القولون

١ . استخدام إختبارات IMViC وإيكمان

الميكروب	إختبار IMViC				إختبار إيكمان
	الإنسول I	أحمر الميثيل M	فوجز بروسكاور V	السترات C	تكون غاز
<u>E. coli</u>	+	+	-	-	+
<u>Ent. aerogenes</u>	-	-	+	+	-

ب - صفات المستعمرات النامية على بيئة
Eosin Methylene Blue, EMB

النمو على بيئة EMB	<u>E. coli</u>	<u>Ent. aerogenes</u>
حجم المستعمرة	صغيرة ذات قطر ٢-٢ مم	كبيرة ذات قطر ٤-٦ مم
لون المستعمرة	غامق ، ولها مركز اسود	احمر ، ولها مركز بني
لمعان المستعمرة	ذات بريق معدني	ليس لها بريق معدني

طريقة المرشحات الغشائية The membrane filter technique ويرمز لها بالرمز (MF)

طريقة المرشحات الغشائية ، من الطرق المستعملة بكثرة الآن ، فى عد بكتريا القولون فى الماء ، والتميز بينها .

وفى هذه الطريقة ، يستعمل غشاء خاص من ورق الترشيح Membrane millipore filter ، وهو عادة من مادة خلاص السليلوز ، ذو ثقب قطرها ٠,٤٥ ميكرومتر . يوضع الغشاء فى قمع ترشيح خاص ، وتحت ظروف التعقيم ، يمرر حجم معين من الماء (حوالى ١٠٠ مل) ، خلال الغشاء بمساعدة تفريغ ، وبعد ذلك يرفع الغشاء ، ويوضع على بيئة مناسبة مثل Endo agar ، موضوعة فى طبق بترى ، وتحضن والطبق معدول ، لمنع سقوط الميكروبات من على الغشاء.

تنتشر البيئة خلال الغشاء ، وتتغذى عليها البكتريا الموجودة على الغشاء ، وبذلك تنمو ، وتكون مستعمرات ، يمكن عدها بعد التحضين المناسب . ويتوقف هذا التحضين المناسب ، على الميكروب الموجود ، والبيئة المستعملة ، وفى حالة استخدام بيئة آجار الإنسو ، يتم التحضين على درجة ٣٧° م ، لمدة ٤٨ ساعة .

وفى المواصفات الأمريكية ، فإن الماء الصالح للشرب ، يجب أن يحتوى على أقل من ٢ بكتريا كولاى لكل ١٠٠ مل ماء ، فإذا زاد العدد عن ١٠ كولاى لكل ١٠٠ مل ماء ، فإن الماء لايعتبر صالحا للشرب .

بيئة آجار الإنسو Endo agar

تحتوى بيئة آجار الإنسو ، على سكر اللاكتوز ، وصبغة الفوكسين القاعدى ، وكبريتيت الصوديوم .

وبعد التحضين سنلاحظ الآتى

- تظهر الميكروبات غير المحللة لسكر اللاكتوز، كمستعمرات لونها أبيض، لعدم تحليل سكر اللاكتوز .

- تظهر الميكروبات المحللة لسكر اللاكتوز غير البرازية، كمستعمرات لونها أحمر معتم ، لإتحاد نواتج تحليل اللاكتوز مع صبغة الفوكسين ، وتكون المستعمرات بدون بريق معدنى .

- تظهر الميكروبات المحللة لسكر اللاكتوز البرازية ، كمستعمرات لونها معتم ، وذات بريق معدنى ، لاتحاد نواتج تحليل سكر اللاكتوز مع الصبغة ، وكبريتيت الصوديوم . وترجع كثافة اللون فى هذه الحالة ، الى ان الأنواع البرازية ، تكون نسبة من الحموضة ، اعلى مما تكونه الأنواع غير البرازية.

ومن مميزات هذه الطريقة ، مايلى

- ١- إمكانية ترشيح كميات كبيرة من عينة الماء ، التى تحتوى على عدد قليل من الميكروبات الملوثة ، وبذلك يقل احتمال الخطأ .
- ٢- التقليل من الادوات المعملية المطلوبة ، والتقليل أيضاً من الجهد المطلوب .
- ٣- الاختصار فى الوقت اللازم لاجراء الكشف .
- ٤- تعطى هذه الطريقة اعدادا مباشرة ، بطريقة سريعة .
- ٥- يمكن بواسطتها اجراء التمييز بسرعة بين الميكروبات .
- ٦- يمكن الاحتفاظ بالغشاء بما عليه من ميكروبات لمدة طويلة ، فيصبح سجلا ، يمكن الرجوع اليه وقت اللزوم .

Coli Titre , CT test**اختبار تركيز الكولاي**

من الطرق الأخرى المستعملة ، للكشف عن E. coli بالمياه، استخدام ما يسمى باختبار تركيز الكولاي البرازية Coli test , Coli titre ويرمز للاختبار بالرمز CT .

وفى هذا الاختبار ، تخفف عينة الماء المطلوب فحصها، ثم يقدر عند بكتريا E. coli ، الموجود فى أكبر تخفيف من عينة الماء ، باستخدام طريقة الأطباق ، على بيئة آجار الإندو ، أو بيئة بكتريا القولون البرازية .

وتركيز الكولاي CT ، هو أقل كمية من عينة الماء بالملييلتر ، التى يوجد بها ، واحدة على الأقل من بكتريا E. coli .

فإذا كان $CT = 100$ ، فمعنى ذلك أن أقل كمية من الماء وجد بها E. coli هى ١٠٠ مل ، بمعنى آخر ، لا يوجد E. coli فى ١٠ مل ، أو فى ١ مل ماء ... ،

وهذا يعنى أيضا ، بأنه لا يوجد E. coli فى التخفيفات العشرية التى أقل من ١٠٠ (الاختبار الذى أجرى) ، بينما يوجد E. coli فى ١٠٠٠ مل ، أو ١٠٠٠٠ مل ... ، أى فى التركيزات العشرية التى أكثر من ١٠٠ .

وعلى هذا الأساس ، تعتبر مياه الحنفية جيدة ، إذا زاد رقم CT بها عن ٥٠٠ .

عدد البكتريا الكلى بالماء كدليل على صلاحيته للشرب

تعتبر المقاييس الأمريكية ان الماء صالحا للشرب ، اذا احتوى على عدد كلى من البكتريا ، اقل من ١٠٠ ميكروب/ مل ، مقدرة بطريقة الأطباق ، على بيئة الآجار ، المحضن على درجة ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة .

ويختلف العدد الناتج بطبيعة الحال ، باختلاف طريقة اخذ العينة ، وطريقة التقدير ، ونوع البيئة ، ودرجة حرارة التحضين . وبالنسبة للمياه المعدنية، فيجب أن لايزيد عدد البكتريا الكلى عن ٣٠ / مل.

ولقد وجد ان اختبار العدد الكلى للبكتريا ، للحكم على مدى صلاحية الماء للشرب ، هو طريقة غير صحيحة ، لان المياه قد تحتوى على عدد قليل من الميكروبات ، ولكن من بينها ميكروبات مرضية ، او قد تحتوى على عدد كبير من الميكروبات ، لوجود مواد عضوية ومعدنية بكثرة ، دون ان يكون بها ميكروبات مرضية .

وتفيد هذه الطريقة ، عند إجراء مقارنة بين أعداد الميكروبات ، قبل ، وبعد إجراء معاملة ، من معاملات تنقية المياه .

إختبارات أخرى للحكم على تلوث المياه ، باستخدام كاشفات التلوث الحيوية .

تحتوى المياه الملوثة بمياه المجارى ، بخلاف E. coli ، على بكتريا محللة لسكر اللاكتوز من أجناس Clostridium ، Streptococcus ، ومصدرها القناة الهضمية . ووجود هذه الميكروبات بمياه الشرب ، يدل على التلوث بمياه المجارى .

أ- البكتريا المتجرثمة غير الهوائية (Cl. perfringens (welchii))

هذه البكتريا عسوية ، متجرثمة ، لاهوائية ، شديدة المقاومة للظروف السيئة ، وتعيش فى الماء لمدة أطول مما تعيشه بكتريا القولون ، وهى توجد فى البراز ولكن بأعداد أقل من E. coli ، وتتراوح أعدادها بين الف إلى مائة ألف لكل جرام ، وتوجد أيضا فى التربة.

يدل وجود هذه البكتريا بالماء ، على أن التلوث بمياه المجارى تلوث قديم ، أى مضى عليه فترة تزيد عن ثلاثة أيام ، وقد تصل لعدة أسابيع .

ونظرا لأن هذه البكتريا مقاومة للظروف السيئة ، فيمكن أن يدل وجودها بالمياه أيضا ، على حدوث تلوث من مخلفات صناعية ، لأن الأنواع الأخرى من البكتريا ، لاتستطيع تحمل التأثير السام لتلك المخلفات ، وتموت.

وجداول (٣-٣) ، يوضح نتائج الإختبار ، لكل من E. coli ، Cl. perfringens .

جدول ٣-٣ : بيان بنتائج الاختبار لكل من E. coli و Cl. perfringens

دلالة الاختبار	نتيجة الكشف عن	
	<u>Cl. perfringens</u>	<u>E.coli</u>
المياه ملوثة بالمخلفات	+	+
المياه ملوثة ، والتلوث ليس قديم	-	+
المياه ملوثة ، والتلوث قديم احتمال تلوث بمخلفات صناعية	+	-
دليل اكيد على خلو المياه من التلوث	-	-

+ تعبر عن وجود الميكروب

- تعبر عن عدم وجود الميكروب

ب- البكتريا السبحية المعوية Streptococcus sp.

توجد هذه البكتريا بالبراز ، ولكن بنسبة أقل من E. coli ، ويقدر أعدادها بحوالى ١٠٠ الف/ جم . والميكروب كروى ، فى سلاسل ، موجب لجرام ، غير متجرحم ، غير متحرك .

لاستطيع هذه البكتريا ، الحياة فى الماء إلا لمدة قصيرة ، أقصر من مجموعة بكتريا القولون ، لذلك ، فإن وجود البكتريا السبحية بالماء ، يدل على أن التلوث بمياه المجارى تلوث حديث ، أى حدث منذ أقل من ٢٤ ساعة.

تمتاز مجموعة البكتريا السبحية المعوية، بقدرتها على النمو فى بيئة بها ٦,٥% كلوريد صوديوم، وتحمل حرارة تصل إلى ٦٣°م ، وعند تنميتها يضاف لبيئة النمو أزيد الصوديوم Sodium azide ، لمنع نمو البكتريا الأخرى ، بإرتباطه بالسيتوكروم البكتيرى .

وفى هذا الإختبار نكشف عن St. faecalis ، وهذه مصدرها المخلفات الآدمية ، ونكشف أيضا عن St. faecium ، وهذه مصدرها المخلفات الحيوانية، وتتميز St. faecalis بقدرتها على تحليل السوربيتول ، والنمو فى بيئة السترات ، بينما لا تستطيع ذلك St. faecium .

الكشف عن بكتيريا القولون والإستربتوكوكاي

لوحظ فى بعض الحالات ، وجود عينات مياه سالبة لمجموعة الكوليفورم ، وفى نفس الوقت كانت موجبة لإختبار بكتيريا السالمونيلا . لذلك ، فإنه ينصح الآن بإجراء إختبار مزدوج ، للكشف عن كل من بكتيريا القولون البرازية Fecal coli, FC ، وبكتيريا الإستربتوكوكاي البرازية Fecal streptococci, FS ، وهذه توجد مصاحبة للسالمونيلا فى الأمعاء .

ويعتبر هذا الإختبار المزدوج ، أفضل الطرق المباشرة ، للحكم على تلوث المياه بالمخلفات البرازية .

ويستفاد أيضا ، من نتائج هذا الإختبار المزدوج ، فى معرفة ، إذا كان مصدر التلوث بمياه المجارى ، آدمى أم حيوانى . ففى المخلفات الآدمية، نجد أن عند بكتيريا الكولاي ، أكبر بكثير من عند بكتيريا الإستربتوكوكاي، بعكس الحال فى حالة المخلفات الحيوانية .

ومن ذلك نلاحظ

- إذا كانت نسبة الكولاي إلى الإستربتوكوكاي $FC/FS \text{ ratio}$ ٤ : ١ ، أو أكثر، دل ذلك على أن تلوث المياه ، يأتى أساسا من مخلفات آدمية .
- إذا كانت نسبة الكولاي إلى الإستربتوكوكاي ١ : ١ ، أو أقل ، دل ذلك على أن مصدر التلوث أساسا ، حيوانى ، أو من الدواجن .
- إذا تراوحت النسبة بين ١ و ٤ ، دل ذلك على أن مصدر التلوث خليط ، وإن كانت المخلفات الآدمية ، هى السائدة فى التلوث .

Acid-fast bacteria**ج - البكتيريا الصامدة للأحماض**

تقاوم البكتيريا الصامدة للأحماض ، مثل Mycobacterium phlei ، المطهرات مثل الكلور ، وهى بهذا الخصوص ، أكثر مقاومة من الخمائر وبكتيريا القولون والبكتيريا العنقودية ، بسبب جدارها الصلب ذو الغلاف الشمعى ، غير المنفذ. وتوجد هذه البكتيريا بالمياه الطبيعية ومياه المجارى. والميكروب عصوى ، هوائى ، غير متجشم ، موجب لجرام ، وصامد للأحماض .

ونظرا لاستخدام الكلور فى تطهير مياه الشرب ، فإن الكشف عن بكتيريا M. phlei ، يساعد فى الحكم على كفاءة عملية التطهير ، فعدم وجودها بالمياه المعاملة ، دليل مناسب على جودة عملية الكلورة .

ميكروبات أخرى توجد بالمياه وتسبب بعض المتاعب

بالإضافة إلى مجموعة بكتيريا القولون ، قد نجد بمياه الشرب بعض الميكروبات الأخرى ، التى تسبب بعض المضايقات ، بما تحدثه من تغير فى اللون ، والطعم ، والرائحة ، أو زيادة فى اللزوجة .

من هذه الميكروبات :

Slime-forming bacteria**- البكتيريا المكونة للزوجة**

كثير من البكتيريا ، قادر على انتاج مواد مخاطية لزجة ، كإفرازات خارجية ، أو ككابسول Capsule سميك يحيط بالميكروب . وتتوقف كمية ونوع تلك الإفرازات . على نوع الميكروب ، وعلى ما تحتويه البيئة من مواد عضوية ومعدنية .

وتسبب هذه الميكروبات لزوجة الماء ، وصعوبة فى سريانه ، وتعطيه ملمسا وطعما ، غير مقبولين .

Iron bacteria**- بكتريا الحديد**

تعتبر بكتريا الحديد ، من أكثر الميكروبات إحداثا للمتعاب بالمياه ، فهي تحول مركبات الحديد الذائبة ، إلى مركبات غير ذائبة (إيدروكسيد حديديك) ، ترسب كغلاف حول الميكروب كما فى بكتريا *Sphaerotilus* ، أو تفرز هذه المواد خارج الميكروب ، لتكون زوائد مرتبطة بالخلية ، كما فى بكتريا *Gallionella* .

تتجمع تلك المواد غير الذائبة ، فى مواسير المياه ، فتعيق انسياب المياه وسريانها ، وقد تسبب انسدادها ، بالإضافة إلى أن بكتريا الحديد ، تسبب لزوجة المياه ، وتغيرا فى طعمها ، ولونها.

Sulfur bacteria**- بكتريا الكبريت**

بعض انواع بكتريا الكبريت مثل *Thiobacillus* ، قادر على إنتاج حموضة عالية بالوسط ، تصل إلى تركيز ايون ايدروجين -١,٠ ، وذلك نتيجة لأكسدة الكبريت إلى حامض كبريتيك ، وتسبب هذه الحموضة العالية ، تآكلا بمواسير المياه .

كما أن بكتريا *Desulfovibrio desulfuricans* تختزل الكبريت إلى كبريتور ايدروجين ، مما يكسب المياه طعما ورائحة ، غير مقبولين .

- الطحالب

تتواجد الطحالب فى كل المياه الطبيعية . وعندما تتعرض المياه لضوء الشمس ، تنمو الطحالب وتتكاثر ، مسببة تعكيرا للمياه ، وتغيرا فى اللون والطعم والرائحة . كما تسبب الطحالب ، خاصة الدياتومات ، والطحالب الخضراء ، انسداد الفلاتر المستعملة فى ترشيح المياه وتنقيتها ، وبالإضافة إلى ذلك ، فإن بعض الطحالب تفرز موادا سامة للإنسان والحيوان .

ويمكن منع نمو الطحالب ، بإضافة -٢,٠ كجم كبريتات نحاس لكل مليون جالون ماء ، وهذه الكمية لا تؤثر على جودة المياه .

- الفيروسات

أغلب الفيروسات التى توجد بمياه الشرب ، فيروسات معوية Enteroviruses ، وتصل إلى مياه الشرب عن طريق التلوث بمياه المجارى ، ومن أهم هذه الفيروسات Polio, Coxsackie and Echo - viruses .

كما عزل من مياه الشرب الملوثة ، الفيروسات المسببة للإلتهاب الكبدى الوبائى ، وفيروسات Rotaviruses . وقد عزلت بعض هذه الفيروسات، من مياه النيل ، فى مصر ، لذلك فإن الكشف عن الفيروسات بمياه الشرب ، عمل يجب أن يوضع فى الاعتبار .

- الخمائر Yeast

توجد الخمائر بأعداد مرتفعة ، فى مخلفات المجارى الخام والمعاملة ، وتقل أعدادها ، عند معاملة مياه المخلفات بالكلور .

وجود الخمائر بمياه الشرب ، يشير إلى احتمال حدوث تلوث بمياه المجارى ، خصوصا خميرة Candida albicans ، التى توجد فى البراز أو البول الآدمى ، وتمتاز بمقاومتها العالية لتأثير الكلور ، حتى عن بكتريا القولون ، لسمك جدارها .

حمامات السباحة Swimming pools

من المعروف ، أن جلد الانسان الطبيعى ، وفتحات جسده الطبيعية ، تحمل أعدادا من الميكروبات ، تصل إلى ١٠ - ١٠ لكل سم² من الجلد ، كما يتخلف عن الشخص الواحد فى حمام السباحة ، افرازات عضوية ، تقدر بحوالى ٥,٠ جرام ، مثل تلك الناتجة من الإفرازات ، وخلايا ودهون الجلد، ومواد التجميل ... الخ .

وبذلك ، فقد تسبب مياه حمامات السباحة العامة ، مشاكل صحية ، بما تنقله من ميكروبات معديه ، من شخص مصاب لآخر سليم ، مثل تلك الأمراض الخاصة بالعيون ، والأنف ، والزور ، والجهاز الهضمى ، والأمراض الجلدية .

ومثل تلك الظروف ، تدفعنا للإهتمام المستمر بالنواحي الصحية الخاصة بمياه حمامات السباحة . فعلى الرغم من أن حمامات السباحة ، تملأ عادة من المياه المستعملة فى الشرب ، إلا أن تلك المياه يجب أن تطهر أيضا بواسطة الكلور ، بإستعمال التركيز المناسب ، الكافى للقضاء على الميكروبات ، دون أن يسبب تسمما للمستحمين ، أو تهيجا للأعين ، أو الجلد ، أو الأغشية المخاطية بالجسم ، مع تنظيف الحمامات المستمر ، وتغيير مياهها كل عدة أيام .

الحكم على صلاحية مياه حمامات السباحة للإستعمال

نظرا لأن ظروف الميكروبات الموجودة بمياه حمامات السباحة ، وأغلبها من الجلد والأنف والزور ... الخ ، تختلف عن ظروف الميكروبات الموجودة بمخلفات المجارى ، التى أغلبها معوية ، فإن الكشف فى مياه الحمامات عن *E. coli* وحده ، لايكفى للحكم على صلاحية المياه للإستعمال ، بل يجب الكشف عن ميكروبات أخرى مثل *Staphylococcus aureus* . للمساعدة فى الحكم على صلاحية هذه المياه .

وبكتريا *S. aureus* ، كروية ، فى تجمعات عنقودية ، موجبة لجرام ، موجبة لإختبار الكاتاليز ، غير متجترمة ، غير متحركة .

لذلك ، تجرى الإختبارات الميكروبيولوجية التالية ، على مياه حمامات السباحة ، للحكم على صلاحيتها للإستعمال الصحى .

١- إجراء العد الكلى للبكتريا بطريقة الأطباق

٢- عد بكتريا القولون البرازية

٣- عد بكتريا *S. aureus*

ويعد الكشف عن *S. aureus* ، بجانب الإختبارات الأخرى ، اختبارا مناسباً ، للحكم على صلاحية مياه حمامات السباحة ، للإستعمال الصحى . فالميكروب يوجد دائما على جلد ، وأنف ، وزور ... الإنسان ، ويحدث تلوث المياه من إفرازات هذه الأماكن ، وينتقل هذا الميكروب من الجلد ، إلى الماء ، إلى الجلد ، وتحدث العدوى بحمامات السباحة من هذه الدورة ، كما أن

الميكروب أكثر مقاومة للكلور من بكتريا القولون بحوالى من ٥ إلى ٢٠ ضعفاً ، واختلافه من الماء المختبر ، دليل على جودة تطهير المياه بالكلور.

وتعتبر مياه حمامات السباحة غير مناسبة ، إذا زاد عدد بكتريا *S. aureus* بها عن ١٠ / مل ماء . وينصح بعدم استخدام مياه حمامات السباحة ، إذا زاد عدد *S. aureus* بها عن ٢٠٠ / مل ماء . وفى جميع الحالات، يجب أن لايزيد عدد بكتريا الكولاي فى مياه حمامات السباحة العامة عن ١٠ بكتريا لكل ١٠٠ مل ماء .

الأمراض المنقولة عن طريق المياه Water-borne diseases

أهم الأمراض المنقولة عن طريق مياه الشرب ، هى الأمراض التى تسببها الميكروبات المعوية المرضية ، ومصدر هذه الميكروبات ، هى مخلفات المرضى ، وحاملى الميكروب ، التى تصل إلى المياه عندما تتلوث بمياه المجارى . ومن أمثلة هذه الأمراض ، التيفود ، الباراتيفود ، الكوليرا ، الدوسنتاريا الباسيلية والأميبية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى (راجع الفصل التاسع - خامسا) .

وأساس الوقاية من هذه الأمراض ، هو منع تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، مع تنقية مياه الشرب بمعالجتها بالكلور قبل الاستعمال ، ومعالجة مياه المجارى قبل التخلص منها .

References

- Hopkins, E.S. and E.L.Bean (1967). Water purification control. 4th Ed. Williams and Wilkins Co., Baltimore, MD, USA.
- Mitchell, R. (ed.) (1972 & 1978). Water pollution microbiology. Vol. 1, 1972 , Vol. 2, 1978. Wiley, New York.
- National Research Council (1977 - 1983). Drinking water and Health. Vol. 1, 1977, Vols 2 & 3, 1980, Vol. 4, 1982, Vol. 5, 1983. National Academy Press, Washington D.C.
- Standard methods for the examination of water and wastewater (1980). 15th Ed. American Public Health Association, New York.

ميكروبيولوجيا مياه المخلفات

- مقدمة
- ميكروبيولوجيا مياه المجارى
- التركيب الكيميائى
- الصفات الميكروبيولوجية
- التخلص من مياه المجارى غير المعالجة
- معالجة مياه المجارى
 - خطوات المعالجة
 - الحماة النشطة
 - الصمغ الحية
 - اختبار كفاءة المعالجة
- المراجع

الفصل الرابع

ميكروبيولوجيا مياه المخلفات Wastewater Microbiology

مقدمة

مياه المخلفات ، هي المياه الناتجة من استعمال مجتمع من المجتمعات ، وتشمل

١- مياه مخلفات المنازل Domestic wastewater
وتشمل مياه هذه المخلفات ، كل ما يتم صرفه عن طريق شبكات صرف المنازل ، من مطابخ ، وحمامات ، ودورات مياه ، ويطلق عليها مجتمعه مياه مخلفات المجارى Sewage water.

٢- مياه مخلفات المصانع Industrial wastewater
ويشمل ذلك مياه المخلفات ، بما فيها من أحماض ، وزيوت ، ومعادن ، الناتجة من مختلف الصناعات المعدنية والبتروليه والمناجم ، ومخلفات عضوية نباتية وحيوانية ، مثل ما ينتج من مخلفات مصانع السكر ، والورق ، والمصانع الغذائية ، والمبيدات ... الخ .

٣- مياه مخلفات المزارع والحدائق
وتحمل هذه المياه بقايا المخصبات والمبيدات ، والتي قد تصل لمواسير الصرف .

٤- المياه الجوفية والسطحية والجوية ، التي تصل إلى مواسير صرف المدينة .

وقد سبق الكلام عن المياه الجوفية والسطحية والجوية ، أما مياه مخلفات المصانع ، فمن الصعب الكلام عنها ، لأنها تختلف بدرجة كبيرة جداً ، فى الكمية والتركيب ، ليس فقط من موقع لموقع ، ومن مصنع لآخر ، بل ومن ساعة لأخرى ، والحال كذلك بالنسبة لمياه مخلفات المزارع ، ولذلك ، فسنعصر حديثنا فى الصفحات التالية ، عن مياه مخلفات المنازل ، أى مياه مخلفات المجارى .

ميكروبيولوجيا مياه المجارى Sewage Microbiology

التركيب الكيميائى

تتكون مخلفات مياه المجارى ، من حوالى ٩٩,٩% ماء ، وحوالى ٠,١% مواد صلبة معلقة ، عضوية وغير عضوية ، وقد تكون فى حالة غروية، أو ذائبة ، ورقمها الايدروجينى يتراوح ما بين ٦ الى ٨ .

وكنسبة مئوية ، فإن كمية المواد الصلبة المعلقة ، الموجودة بمياه المجارى ، تبدو بسيطة ، ولكن على مستوى مدینه كبيرة ، فإنها تشكل كمية ضخمة .

ويختلف كثيرا التركيب الكيماوى للمواد المعلقة ، كما أنه عرضه للتغير ، غير أن المواد العضوية بمخلفات المجارى ، تتكون عموما من مواد نتروجينية ، مثل اليوريا والبروتين والأمينات والأحماض الأمينية ، ومواد غير نتروجينية ، كالكربوهيدرات والدهون ، بالإضافة إلى مخلفات الصابون ، ومواد التنظيف التركيبية الحديثة ، التى أخذت تنتشر ، وتحل محل الصابون، وهى مواد مقاومة للتحلل الميكروبيولوجى .

الصفات الميكروبيولوجية

نظرا لإختلاف تركيب مخلفات مياه المجارى ، فإن ما تحمله تلك المخلفات من أحياء دقيقة ، عرضة للتغير أيضا نوعا وعددا ، وعموما فإن المخلفات تحتوى على بروتوزوا ، وفطريات ، وطحالب ، وبكتريا ، وفيروسات .

تصل أعداد البكتيريا بمياه المجارى الخام ، إلى الملايين فى كل مليلتر ، ومعظمها بكتريا القولون ، يليها فى العدد الإستربتوكوكاى ، ثم العصويات المتجرثمة اللاهوائية مثل *Cl. perfringens* ، ثم *Proteus* . وباإضافة إلى ذلك ، فيوجد بمياه المجارى ميكروبات مرضية ، من بروتوزوا وبكتريا وفيروسات ، مثل تلك المسببة لأمراض التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، وشلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى .

وعندما تتعرض مياه المجارى للمعالجة ، فإن أعداد وأنواع الميكروبات السائدة تتغير ، بتغير ظروف خطوات المعالجة . وتحت ظروف الهضم اللاهوائى لمخلفات المجارى ، تسود الأنواع الإختياريه مثل

Alcaligenes, Enterobacter, Escherichia, Pseudomonas, ... etc.

وباستمرار الظروف اللاهوائية ، تسود البكتريا اللاهوائية ، كتلك المنتجة لغاز الميثان ، مثل

Methanobacterium, Methanococcus, Methanosarcina ...

التخلص من مياه المجارى غير المعالجة Sewage disposal

التخلص من مياه المجارى عملية ضرورية ، لتجنب خطورتها ، وما تسببه من مضايقات .

وفى المزارع والأرياف ، يتم التخلص من مخلفات المجارى دون معالجة ، بتجميعها فى خزانات كسح ، تفرغ كل مدة ، وتستعمل محتوياتها كسماد عضوى ، بعد إضافة مسحوق الجير الحى ، لقتل ما بها من كائنات حية غير مرغوب فيها .

وتتخلص بعض المجتمعات الصغيرة أو المحليات ، من مخلفات مجاريها ، دون معالجة أيضا ، بطريقة التخفيف ، وذلك بإلقائها فى أحجام كبيرة من الماء ، مثل نهر أو بحر أو بحيرة ، فيحدث تخفيف لتلك المخلفات. وفى هذه الطريقة ، يجب أن تكون النسبة بين مياه المجارى الملقاة ، ومياه النهر أو البحر ، نسبة متسعة جدا ، لاتقل عن ١ : ٥٠ ، حتى يتوفر باستمرار ، كمية مناسبة من الأكسجين الذائب فى الماء ، كافية للأكسدة البيولوجية ، واستمرار الحياة المائية .

وفى طريقة التخفيف بالماء ، يجب أن تلقى مياه المخلفات ، من خلال مواسير ، تمتد إلى الداخل بعيدا عن الشاطئ ، لمسافة لاتقل عن ٥٠٠ مترا ، وعلى عمق لا يقل عن ٥٠ مترا ، محافظة على صحة مستعملى هذه المياه ، فى الشرب ، أو الإستحمام ، أو الصيد .

وعند إلقاء مياه المجارى فى النهر أو البحر ، تحدث لمياه المجارى عملية تنقية ذاتية Self-purification ، حيث يتحلل ما بترك المياه ، من مواد عضوية ، تحت ظروف هوائية ، بأكسدها بيولوجيا بواسطة الميكروبات عضوية التغذية ، من بكتريا وفطريات وطحالب وبروتوزوا ، وبذلك تتحلل المواد العضوية ، وتتمعدن ، فلا تجد الميكروبات المرضية الموجودة بمياه المجارى ، مصدرا كافيا لها من الغذاء والطاقة ، فتموت . وتكون سرعة التحلل فى مياه المناطق الحارة ، أسرع من المناطق الباردة .

وإذا كانت عملية التخفيف ، ممكنة بالنسبة للمجتمعات صغيرة العدد ، إلا انه بزيادة عدد سكان هذه المجتمعات ، وكذلك فى المدن الكبيرة ، تصبح طريقة التخلص من مياه المجارى غير المعالجة بطريقة التخفيف ، غير

فعاله بل وضارة ، لزيادة كمية مياه المجارى الملقاه ، وضيق نسبة التخفيف اللازمة ، وما يترتب على ذلك من قلة نسبة الأكسجين الذائب بالماء ، اللازم للإستهلاك بواسطة الميكروبات الهوائية ، لتحليل المواد العضوية ، فتتنشط وتسود الميكروبات الإختيارية واللاهوائية ، وبذلك تتحلل المواد العضوية لمخلفات المجارى تحت ظروف لاهوائية ، فتظهر روائح كريهة غير مستحبة ، وتتلوث المياه ، وتموت الاسماك ، والأحياء المائية .

وكل ذلك ، يحتم ضرورة معالجة مياه المجارى ، كيمياويا وببيولوجيا ، قبل التخلص منها ، لما فى ذلك من مزايا عديدة . والأساس فى عملية المعالجة ، هو تحليل ما بمياه المجارى من مواد عضوية ، والقضاء على ما تحويه من ميكروبات مرضية .

مزايا معالجة مياه المجارى قبل التخلص منها

- منع إنتشار الميكروبات المرضية
- منع تلوث المياه ، التى ستلقى بها مياه المجارى المعالجة ، حفاظا على صحة مستخدمى هذه المياه فى الشرب أو الإستحمام ، وللمحافظة أيضا على الثروة المائية ، نباتيه كانت أم حيوانية .
- التخلص من المواد العضوية ، وما ينتج عن تحليلها من روائح كريهة ، أو تجمع لرواسب غير مقبولة ، وذات منظر غير مستحب .
- استعمال المخلفات كأسمدة عضوية ، أو كمصادر بديلة للطاقة .

Sewage treatment

معالجة مياه المجارى

Treatment processes

خطوات المعالجة

تجمع مياه المجارى فى مواسير مغلقة ، بعيدة عن مواسير مياه الشرب ، وترسل إلى خارج المدينة ، لمعالجتها .

وطرق معالجة مياه المجارى متعددة ، ومتنوعة ، ويوضح الشكل (٤-١) خطوات المعالجة الرئيسية ، التى تتبع فى مدينة كبيرة .

وتتلخص خطوات المعالجة فيما يلى

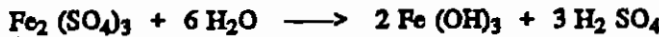
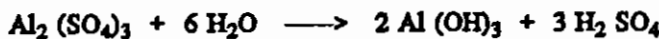
- معالجة إبتدائية

ويتم ذلك ، للتخلص من المواد الصلبة الضخمة ، والأحجار ، والأخشاب، والزجاج ، والأسلاك ... الخ ، وذلك بإمرار المياه على حواجز على شكل قضبان ، تعمل كمصفاة Screening ، لفصل تلك المواد الصلبة .

ثم تجرى عملية ترسيب لمياه المخلفات ، فى أحواض ترسيب Sedimentation tanks . وللمساعدة فى عملية الترسيب وزيادة سرعتها ، تضاف الشبه أو أملاح الحديد ، لتكوين معلق غروى ، يساعد على سرعة تجمع الحبيبات وترسيبها .

وأثناء عملية الترسيب ، يطفو الريم Scum على السطح ، والريم عبارة عن مواد دهنية ، تكشف من أن لآخر وذلك للتخلص منها . ويرسب فى قاع الحوض الراسب ، ويسمى حمأة Sludge ، حيث تجمع وتعالج، أما السائل Effluent ، فإنه يعالج بيولوجيا ، وكيمياويا ، قبل الاستعمال .

عند إضافة الشبه أو كبريتات الحديدك إلى مياه المجارى ، تتكون الإيدروكسيدات ، وحامض الكبريتيك ، حسب المعادلات



ولأن هذه التفاعلات عكسية ، فإنه يضاف موادا لمنع هذه التفاعلات العكسية ، مثل كربونات الكالسيوم ، أو كربونات الصوديوم ، أو ايدروكسيد الكالسيوم ، التي تتحد مع حامض الكبريتيك ، ويتكون كبريتات كالسيوم $CaSO_4$ ، وبذلك تزداد كفاءة عملية ترسيب المواد العالقة بالمياه .

- معالجة بيولوجية

تعالج السوائل Effluent الناتجة من المعالجة الابتدائية ، بيولوجيا ، وذلك للتخلص مما بها من مواد عضوية ، وذلك بأكسنتها ومعدنتها ، إلى كحولات وأحماض عضوية ، وأخيرا إلى CO_2 , H_2O , NH_3 , - H_2S ...

ويتم ذلك فى أحواض المعالجة البيولوجية ، بإضافة ، الحمأة النشطة (عادة بنسبة ٢٠٪) ، مع توفير الظروف الهوائية .

تحت ظروف المعالجة البيولوجية الهوائية بالحمأة النشطة ، تتكون أملاح الفوسفات والنترات . ويمكن التخلص من هذه الأملاح ، بمعالجة المخلفات بيولوجيا ، تحت ظروف لاهوائية ، أى بزيادة خطوة فى المعالجة بعبق خطوة المعاملة بالحمأة النشطة .

عقب المعالجة البيولوجية ، تفصل الرواسب ، وتؤخذ السوائل وتمرر على مرشحات رملية ، حيث تتوفر الظروف الهوائية والميكروبات ، لاستكمال تحلل ما تبقى من مواد عضوية بالسوائل.

- معالجة نهائية ، كيماوية بالكلور

تعالج السوائل الناتجة من المرشحات ، بالكلور للتخلص مما بها من ميكروبات مرضية .

السوائل الناتجة بعد المعالجة ، يستفاد منها فى رى الأشجار ، أو استصلاح الأراضى ، أو يتخلص منها بإلقائها فى نهر ، أو بحر .

- معالجة المواد الصلبة Sludge

تجمع المواد الصلبة الناتجة من أحواض الترسيب ، أو من أحواض المعالجة البيولوجية ، حيث
- تجفف في أحواض خاصة ، ثم تكشط ، وتدق ، وتنعم ، وتستعمل كسماد عضوي* .
- أو تخمر المواد الصلبة لاهوائيا ، لانتاج الغاز الحيوي (البيوجان) ، وسماد عضوي .

الحمأة النشطة Activated sludge

الحمأة النشطة ، عبارة عن رواسب مخلفات مجارى حديثة معالجة ، غنية بالكائنات الدقيقة من بروتوزوا وفطر وخميرة وبكتريا ، وتضاف كبادئ ، في أحواض المعالجة البيولوجية ، فتساعد ، تحت الظروف الهوائية ، على سرعة تحلل ومعدنة المواد العضوية ، الموجودة بمياه المخلفات .

الصمغ الحية Zoogloea

تتجمع الكائنات المجهرية الموجودة بالحمأة النشطة ، أو بأحواض المعالجة والمرشحات ، في كتل أو أغشية ، مطمورة في مواد صمغية لزجة من سكريات معقدة ، وتسمى هذه الكتل الميكروبية الصمغية Zoogloea ، وهي كلمة ذات أصل لاتيني تعني Living glue ، أى الصمغ الحية . ومن الأحياء الدقيقة الهامة المكونة لتلك الصمغ الحية ، أنواع شبيهة بالسيدوموناس تسمى Zoogloea ramigera ، تلعب دورا نشطا في أكسدة المواد العضوية بمخلفات المجارى ، كما يوجد أيضا في تلك الكتل الصمغية ، ميكروبات أخرى نشطة في تحليل المواد العضوية ، مثل

Bacillus , Alcaligenes , Escherichia , Sphaerotilus , Protozoa , e.g. Paramecium

* يعرف هذا السماد العضوي ، بإسم سماد المجارى ، تمييزا له عن سماد البوبريت ، الناتج من مخلفات كسح المراحض ، في المدن أو القرى .

اختبار كفاءة معالجة مياه المجارى ، باستخدام كاشفات التلوث الحيوية .

يمكن الحكم على كفاءة عملية معالجة مياه المجارى ، بالكشف عن بكتريا الليستريا *Listeria monocytogenes* . فهذه البكتريا توجد بكثرة فى مياه المجارى ، مصاحبة لبكتريا القولون ، بأعداد تصل لمئات الآلاف . وهى تعيش فى مياه المجارى ، لمدة طويلة تصل لعدة أسابيع ، كما أنها تقاوم الكلور بدرجة كبيرة . لذلك ، فإن وجودها بمياه المجارى ، بجانب الاختبارات الميكروبيولوجية الأخرى ، يؤخذ كدليل على عدم كفاءة عملية المعالجة ، أى على وجود ميكروبات مرضية .

وهذه البكتريا عصوية قصيرة جدا ، مفردة أو فى سلاسل ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجترمة ، متحركة ، إختيارية للهواء ، وهى ممرضة للإنسان ، والحيوان ، إذ تسبب للإنسان مرضا يسمى *Listeriosis* (إلتهاب بالمشخ) ، وتسبب للحيوان الأجهاض ، وإلتهاب الضرع ، والإلتهاب السحائى.

وجداول (٤-١) يوضح أعداد بعض الميكروبات بمياه مجارى مأخوذة من منطقة القاهرة . ويلاحظ من هذا الجدول ، أن الميكروبات قلت بنسبة حوالى ٩٩% بعد المعالجة النهائية بالكلور ، وأن السالمونيلا إختفت تماما بعد خطوة المعالجة البيولوجية .

جدول ١-٤: متوسط لتركيزات بعض الميكروبات، بعينات من مياه مجارى، مأخوذة من مدينة القاهرة عام ١٩٩٢.

اختبار السالمونيلا	عدد البكتريا / ١٠٠ مل					مياه المجارى
	ليستريا	كوليفاج	لستريتوكوكاي برازية	كولاي برازية	مجموعة بكتريا الكولاي	
+	٥١٠ x ٨	٨١٠ x ٢	٨١٠ x ٥	٩١٠ x ٧	١١١٠ x ٢	مياه خام
-	٢١٠ x ٦	٢١٠ x ١	٢١٠ x ٧	٤١٠ x ٤	٤١٠ x ٥	بعد المعالجة البيولوجية
-	٢١٠ x ١	٢١٠ x ١	١١٠ x ٣	٢١٠ x ٣	٢١٠ x ٥	بعد المعالجة بالكلور

* Ref.: Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 38 (2), 464, 1993.

References

- Finsteln, M.S. (1967). Growth and flocculation in a Zoogloea culture. Ann. Rev. Microbiol., 15, 962.
 Gaudy Jr, A.F. and E.T. Gaudy (1966). Microbiology of wastewater. Ann. Rev. Microbiol., 20, 319.
 Metcalf and Eddy Inc. (1979). Wastewater engineering : Treatment, disposal and reuse. Mc Graw Hill, New York.

الفصل الخامس

ميكروبيولوجيا الأراضى

■ الأرض كوسط بينى

مكونات التربة

أحياء التربة

الرايز وسفير

العلاقات المتبادلة بين ميكروبات الأراضى

■ دورات العناصر

- دورة الكربون

- دورة النتروجين

أولاً : معدنة النتروجين العضوى

ثانياً : فقد النتروجين من التربة

ثالثاً : تثبيت النتروجين الجوى

- التثبيت اللاكافى

- التثبيت التكافى

١- التكافل بين الرايزوبيا والنباتات البقولية

٢- التكافل فى النباتات غير البقولية

٣- التكافل بين السيانونبكتريا والأزولا

- دورة الكبريت

- التحولات البيوكيميائية للعناصر الأخرى

- تحليل مبيدات الآفات

■ الأسمدة الحيوية

■ إنتاج الغاز الحيوى - البيوجاز

■ المراجع

الفصل الخامس

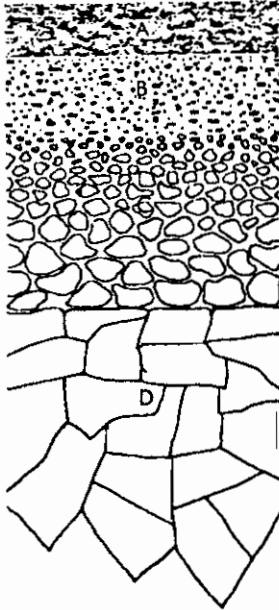
ميكروبيولوجيا الأراضى Soil Microbiology

Soil as an environment

الأرض كوسط بيئى

الأرض (التربة) Soil ، هى ذلك الجزء من سطح القشرة الأرضية ، الذى تكون بفعل عوامل التعرية ، وتأثير العوامل البيولوجية ، فأصبح المهد الصالح ، لحياة النبات والحيوان . والطبقة السطحية من التربة الزراعية ، فى الحقيقة ، عبارة عن عالم يموج بالحياة ، فبالإضافة إلى ما بها من جنود نباتية ، فإنها تحتوى على ملايين الملايين من الأحياء الدقيقة ، ذات الدور المؤثر على خواص التربة ، وعلى إنتاجيتها من المحاصيل الزراعية .

يختلف تركيب التربة وخواصها ، باختلاف الموقع ، والظروف المناخية ، والبيئية ، ومادة الأصل ، والعمق ، وشكل (٥-١) . يبين قطاع فى تربة .



١- أفق أ : Horizon A : مخلفات عضوية على درجات مختلفة من التحلل

٢- أفق ب : Horizon B : الحبيبات الدقيقة ، والمعادن

٣- أفق جـ : Horizon C : مواد معدنية تعرضت لعوامل التعرية

٤- أفق د : Horizon D : أصل الصخور ، التى لم تتعرض لعوامل التعرية

شكل ٥-١ : رسم تخطيطى لقطاع فى تربة

مكونات التربة

تتكون التربة من خمسة مكونات رئيسية ، هي :

١- الجزء المعدني

ينتج الجزء المعدني بالتربة ، من عملية تعرية الصخور ، وهو خليط من الحبيبات المعدنية ، المختلفة الأحجام ، التي توجد في تجمعات . وتتكون تلك الحبيبات ، أساسا من سليكات الألومونيوم والحديد ، مع معادن أخرى بكميات قليلة . ويتراوح أحجام تلك الحبيبات ، من حبيبات الطين ، دقيقة الحجم ، ذات القطر الأقل من 0.002 مم ، إلى حبيبات الحصى الكبيرة ، ذات القطر الأكبر من 2 مم . وبين الاثنين يقع السلت ، والرمل الناعم ، والخشن .

نسب هذه الحبيبات إلى بعضها ، يؤثر على خواص التربة ، وعلى تهويتها ، وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة ، كما يؤثر على تيسير العناصر الغذائية ، وعلى النشاط البيولوجي بها .

٢- الجزء العضوي

يأتي الجزء العضوي بالتربة ، من المخلفات النباتية والحيوانية ، وما يضاف للتربة من أسمدة عضوية ، ومن كائنات التربة ومخلفاتها . وتتعرض المواد العضوية للتحلل بواسطة الميكروبات ، وما يتخلف عن التحلل ، من مواد معقدة التركيب ، يكون الدبال Humus ، وهو مادة ذات لون بني غامق ، وطبيعة غروية ، ويؤثر على خواص التربة ، فيحسن البناء ، ويزيد من قدرة التربة على احتفاظها بالماء ، وسعة تبادل القواعد ، وله قدرة تنظيمية عالية ، كما أن له تأثيره الكبير على النشاط البيولوجي بالتربة ، حيث يعتبر مخزنا للعناصر الغذائية ، ذات الإنسياب البطيء .

٣- الماء الأرضى

الماء الأرضى (محلل التربة) ، له أهميته الكبيرة ، على نمو النبات، وعلى النشاط البيولوجى بالتربة . فالماء يكون ٧٠٪ على الأقل من بروتوبلازم الخلية الحية ، كما أنه يذيب الكثير من المواد العضوية وغير العضوية ، فتصبح ميسرة .

وتعتمد نسبة الماء الموجودة بالتربة ، على الظروف المناخية ، والصرف ، وتركيب التربة . وهو يوجد فى المسافات البينية ، بين حبيبات التربة ، كما يدمص كغشاء رقيق على أسطح الحبيبات .

٤- الهواء الأرضى

يتكون هواء التربة أساساً من N_2 ، O_2 ، CO_2 ، علاوة على نسب ضئيلة من الغازات الأخرى ، الناتجة عن النشاط الميكروبي . وهواء التربة ، مصدره الأساسى الهواء الجوى ، وإن كان يختلف عنه فى التركيب ، بسبب العمليات البيولوجية التى تحدث بالتربة . فالهواء الأرضى مشبع ببخار الماء ، ومحتواه من CO_2 أعلى كثيراً مما فى الهواء الجوى ، بينما نجد أن محتواه من O_2 أقل . كما يحتوى الهواء الأرضى ، على نسب قليلة من الأمونيا ، والميثان ، وبعض المركبات المتطايرة . ويحدث باستمرار تبادل غازى ، بين هواء التربة والهواء الجوى ، فيدخل إلى الأرض الأكسجين ، ويخرج منها ثانى أكسيد الكربون.

يوجد الهواء الأرضى بين حبيبات التربة ، فى المسافات البينية الخالية من الماء ، لذلك ، فإن كمية الهواء الأرضى الموجودة بالتربة ، ترتبط عكسياً ، مع كمية الرطوبة الموجودة بها .

سيادة الظروف اللاهوائية بالتربة ، لها تأثير سيئ على النشاط البيولوجى بها ، حيث تتوقف العمليات البيولوجية الهوائية المفيدة للتربة ، وتنشط الميكروبات اللاهوائية ، وتحدث تحولات ضارة ، كما تتراكم الكثير من المركبات غير المرغوب فيها ، والتى قد تضر النباتات ، والأحياء الموجودة بالتربة .

٥- أحياء التربة

بالإضافة إلى المجموع الجذرى الموجود بالتربة الزراعية ، فإنه يوجد بها أيضا ، الكثير من الكائنات الحية الحيوانية ، كالنيماتودا ودودة الأرض ، والديدان والحشرات ، والمفصليات والقوارض ، كما يوجد عند ضخ من الأحياء المجهرية ، التى يطلق عليها ميكروبات الأراضى ، والتى تشمل البكتريا ، والأكتينومييسيتات ، والفطريات ، والطحالب ، والبروتوزوا ، والفيروسات .

ميكروبات الأراضى

تلعب أحياء الأراضى المجهرية ، دورا أساسيا فى المحافظة على خصوبة التربة ، وعلى إمداد النباتات النامية بإحتياجاتها الغذائية ، من خلال معدنتها للمواد العضوية ، وتيسيرها للعناصر الغذائية ، وتثبيت النتروجين الجوى ، وتكوين الدبال ، وإفرازها للكثير من المواد المشجعة للنمو . كما أن تلك الميكروبات ، لها دور فعال فى المحافظة على التوازن البيولوجى فى الكون ، عن طريق إنتاجها لثانى اكسيد الكربون ، الذى تبلغ نسبته بالجو حوالى ٠,٣ ٪ حجما ، وذلك خلال عمليات تحلل المواد العضوية ، مما يعوض النقص ، الذى يحدث بسبب عملية التمثيل الضوئى المستمرة ، وتحلل ملوثات البيئة ، والمبيدات الزراعية .

وتحت ظروف معينة ، مثل سيادة الظروف اللاهوائية بالتربة ، أو نقص العناصر الغذائية بها ، قد تتنافس ميكروبات التربة مع النباتات النامية ، على العناصر الغذائية الموجودة بالتربة ، أو تفرز الميكروبات موادا ضارة بنمو النباتات ، أو تسبب لها أمراضا ، فتؤثر بذلك على إنتاجية الأراضى .

ويختلف أعداد وأنواع الكائنات المجهرية كثيرا ، من تربة لأخرى ، باختلاف تركيب التربة ، والعمق ، ونوع الزراعة القائمة ، وظروف التربة البيئية ، من حرارة ورطوبة وتهوية ، ودرجة الحموضة ، ومحتوى التربة من العناصر الغذائية .

وحتى فى نفس الأرض الواحدة ، فإن أعداد وأنواع الأحياء المجهرية ، يختلف كثيرا ، حسب الطريقة المستخدمة فى التقدير ، ووقت أخذ العينة ، وعمق التربة ، وعمليات الخدمة الزراعية ، والإضافات العضوية ، وطبيعة العلاقات المتبادلة ، بين كائنات التربة المجهرية .

Bacteria

البكتيريا

تعتبر البكتيريا ، أكثر ميكروبات الأرضى وجودا بالتربة ، سواء من حيث الأعداد الكلية ، أو تعدد الأجناس والأنواع ، أو تنوع النشاط الذى تقوم به ، خاصة فى الأرضى المتعادلة ، أو العائلة قليلا للقلوية ، مما يعطى للبكتيريا ، دورا رئيسيا بين أحياء التربة المختلفة . وقد قدر أن البكتيريا الموجودة فى الأرض الخصبة ، تمثل من ٠,١ إلى ١,٠٪ من حجم التربة الكلى ، ويصل أعدادها إلى ١٠^٨ و ١٠^٩ / جم تربة .

يوجد بالأراضى مجاميع ، وأنواع ، عديدة من البكتيريا ، ذات إحتياجات غذائية مختلفة ، ومنها الهوائى واللاهوائى ، والمحبة للحرارة المرتفعة ، والمتوسطة ، والمنخفضة . ولا تتوزع البكتيريا بانتظام فى كتلة التربة ، ولكنها تتركز بأعداد كبيرة خليطه ، مكونه من مستعمرات ، بالغشاء المائى حول الحبيبات الصغيرة المعدنية والعضوية ، كما أنها توجد بكثرة حول جذور النباتات النامية ، وعلى أسطح الشعيرات الجذرية .

ونظرا لأن أغلب البكتيريا هوائية ، فإنها توجد بكثرة فى الطبقة السطحية بالتربة ، وتقل مع العمق . وتعتبر البكتيريا العسوية سواء السالبة ، أو الموجبة لصبغة جرام ، أكثر انتشارا من الأنواع الكروية ، ومن الأجناس السالبة لجرام ، الواسعه الانتشار بالأراضى *Arthrobacter* , *Pseudomonas* ، كما يكثر وجود جنس *Bacillus* الموجب لجرام ، خاصة فى أراضى المناطق الحارة .

ومن المجاميع البكتيرية الهامة بالأراضى مايلى

١- البكتيريا غير ذاتية التغذية (الهتروتروفية) *Heterotrophs (Organotrophs)*

وتحصل هذه البكتيريا على إحتياجاتها ، من كربون وطاقة ، من المواد العضوية . وتمثل هذه المجموعة ، أغلب أنواع البكتيريا الموجودة بالتربة ، وتقوم بالعديد من التفاعلات الهامة منها :
تحليل ، ومعدنة المواد العضوية ، وتحويلها إلى صور بسيطه صالحة لتغذية النبات ، ونشدة المواد البروتينية ، وتثبيت النتروجين الجوى ، تكافليا ولا تكافليا ، وتيسير العناصر المعدنية ، وتكوين الدبال .

٢- البكتيريا ذاتية التغذية (الأوتوتروفية) Autotrophs (Lithotrophs) .

وتحصل هذه البكتيريا ، على الكربون اللازم لها من CO_2 الجو ، وتحصل على الطاقة من أكسدة المواد الكيميائية ، أو من الضوء .

فمن البكتيريا الأوتوتروفية تلك المؤكسدة للمواد الكيميائية ، مثل بكتيريا التآزوت (النترتة) . التي تؤكسد الأمونيا إلى نترات ، ثم إلى نترات ، وبكتيريا أكسدة الكبريت ، وبعض أنواع بكتيريا الحديد .

ومن البكتيريا الأوتوتروفية تلك الممثلة للضوء ، الهوائية ، مثل السيانوبكتيريا (وقد تسمى البكتيريا الخضراء المزرقية ، وكانت تسمى سابقا الطحالب الخضراء المزرقية) ، وهي مثبتة لنتروجين الهواء الجوى ، ومن أجناس السيانوبكتيريا الواسعة الانتشار بالتربة : *Nostoc* ، *Anabaena* :

ومن البكتيريا الأوتوتروفية الممثلة للضوء ، اللاهوائية ، بكتيريا الكبريت ، الخضراء والأرجوانية ، المؤكسدة للكبريت غير العضوى .

٣- الأكتينوميسيتات

توجد الأكتينوميسيتات ، وهى أحد المجاميع الهامة للبكتيريا ، بكثرة فى الأراضى ، خاصة فى المناطق الحارة الجافة ، ويصل أعدادها إلى 10^{11} / جم تربة ، وأكثر أجناسها إنتشارا بالأراضى

Micromonospora ، *Nocardia* ، *Streptomyces*

وتلعب مجموعة الأكتينوميسيتات ، دورا هاما ، فى تحليل المواد العضوية المعقدة كالكيتين ، وفى تكوين النبال ، وإعطاء التربة راحتها المميزة ، وإنتاج المضادات الحيوية . كما أن بعض أنواعها ممرض للنبات ، مثل *Streptomyces scabies* ، المسبب لمرض الجدرى العادى *Common scab* ، بالبطاطس ، وبنجر السكر .

بالإضافة إلى ذلك ، فإن جنس فرانكيا *Frankia* التابع لهذه المجموعة ، له القدرة على تثبيت النترجين الجوى تكافليا ، مع النباتات غير البقولية ، مثل الأناناس ، والكازورينا .

الفطريات Fungi

الفطريات هوائية ، لذا تكثر بالطبقة السطحية من التربة ، وهى توجد كهيفات ، أو كجراثيم ، وتصل أعدادها إلى ١٠^٩ / جم تربة ، وتكثر فى الأراضى الحامضية .

والفطريات السائدة بالأراضى ، هى الفطريات الحقيقية *Eumycetes* بكل أجناسها ، وإن كانت الأنواع التابعة لمجموعة *Deuteromycetes* ، هى الأكثر إنتشارا . وتكثر الفطريات للزجة *Myxomycetes* ، فى أراضى الغابات ، والمناطق الباردة .

تحلل الفطريات المواد العضوية المعقدة ، والمخلفات النباتية كالسيلولوز ، والبكتين ، واللجنين ، كما أنها تساعد على تجميع حبيبات التربة ، بواسطة الميسيليوم الذى يمتد ، ويتخلل الأرض ، كما أن بعض أنواعها ممرض للنبات.

تعيش فطريات الميكوريزا *Mycorrhiza* ، معيشة تعاونية ، مع جذور كثير من النباتات ، مثل الأبصال ، والذرة ، والموالح ، حيث تقوم فطريات الميكوريزا ، بعمل الشعيرات الجذرية ، من حيث إمتصاص الماء ، والغذاء ، والأملاح خاصة الفوسفور ، الذى تقوم فطريات الميكوريزا بتحويله لصورة ميسرة للنبات . ويمد النبات ، فطر الميكوريزا ، بإحتياجاته من كربوهيدرات وأحماض أمينية وفيتامينات .
ومن أجناس الميكوريزا المنتشرة بالأراضى *Glomus* , *Gigaspora* .

الطحالب Algae

الطحالب أقل إنتشارا بالأراضى ، من البكتيريا والفطريات . وهى هوائية أوتوتروفية ممثلة للضوء ، لذا تكثر فى الطبقة السطحية من التربة فى وجود رطوبة عالية . وتسود الطحالب الخضراء والدياتومات ، فى أراضى المناطق المعتدلة ، بينما تسود الطحالب الخضراء المزرقه (السيانوبكتيريا) ، فى أراضى المناطق الحارة. وتوجد الطحالب فى الأراضى ، إما وحيدة الخلية، أو فى خيوط . وتصل أعدادها إلى ١٠^٩ / جم تربة .

ونظرا لقدرة الطحالب على التمثيل الضوئي ، فإنها قادرة على تكوين مواد عضوية بالتربة ، من مواد معدنية بسيطة مع ثاني أكسيد الكربون . وعند نموها على سطح الصخور ، تكون طبقة سميكة ، تعتبر مصدرا عضويا لنمو الكائنات المجهرية ، من بكتيريا وفطر . ويؤدي نمو الطحالب ، إلى تكوين أحماض عضوية ، تساعد على التحول التدريجي للصخور ، إلى وسط صالح لنمو النباتات الأرقى . وبذلك فإن الطحالب تقوم بالخطوات الأولى ، في تحويل الصخور إلى تربة زراعية

البروتوزوا Protozoa

أكثر أنواع البروتوزوا تواجدا بالأراضى ، هى الأميبات ، والسوطيات . وتنتشر البروتوزوا بالطبقة السطحية من التربة ، ويناسبها توفر الرطوبة ، والمادة العضوية ، وتصل أعدادها إلى 10^6 / جم تربة . كما توجد البروتوزوا بكثرة فى الأراضى المسماة بالأراضى المريضة Sick soil ، وهى أراضى غدقة ، سيئة الصرف .

تتغذى البروتوزوا إما على المواد العضوية ، أو على إلتهام البكتيريا وبعض المجهريات الأخرى ، كالفطريات والفطريات . لذلك ، يعتبر وجود البروتوزوا ، فى بعض الحالات ، عاملا محددا لانتشار البكتيريا بالأراضى ، وبذلك ، فإن البروتوزوا ، تلعب دورا فى عملية التوازن الميكروبي بالتربة .

الفيروسات Viruses

تصل فيروسات البكتيريا والنبات والحيوان للتربة ، مع إضافة المخلفات النباتية والحيوانية ، كما أن أحياء التربة تحلل الكثير من الفيروسات .

وجود فيروسات البكتيريا (بكتريوفاج) بالتربة ، قد يكون من العوامل المؤثرة ، على إنتشار بعض أنواع البكتيريا الهامة ، مثل الأنواع المثبتة للنيتروجين الجوى ، كالرايزوبيا ، والسيانوبكتيريا ، والأزوتوباكتر . كما تسبب الفيروسات النباتية ، أمراضا عديدة للنبات .

Rhizosphere

الرايزوسفير

تسمى المنطقة من التربة ، الملاصقة لجذور النبات ، والمتأثرة بها ، منطقة الرايزوسفير ، أى منطقة مجال المجموع الجذرى . وتمتاز هذه المنطقة ، بأن محتواها الميكروبى ، ونشاطها الفسيولوجى ، على وحول الجذور ، عالى جدا ، وقد تصل أعداد الميكروبات بمنطقة الرايزوسفير ، إلى مئات المرات ، إذا ما قورنت بأعداد المحتوى الميكروبى الموجود بالتربة ، البعيدة عن تأثير الجذور .

تتأثر الميكروبات الموجودة فى منطقة الرايزوسفير ، بما تفرزه جذور النباتات ، من مواد مغذية ، وسكريات ، وأحماض عضوية وأمينية ، وفيتامينات ، وبما يتخلف عن النباتات ، من جذور متقطعة ، وخلايا ممزقة . كما يتأثر نمو النباتات ، بنواتج التمثيل الغذائى للميكروبات ، الموجودة بمنطقة الجذور .

من الميكروبات التى توجد ، بأعداد عالية ونشاط كبير ، فى منطقة المجموع الجذرى ، الميكروبات التى تقوم بمعدنة المواد العضوية ، والمحللة للسليولوز ، والتى تقوم بعملية النشدة ، وتيسير الفوسفور ، وأكسدة الكبريت .

العلاقات المتبادلة بين ميكروبات الأراضي

Interactions among soil microorganisms

يتضمن النظام البيئى الميكروبى بالتربة Microbial ecosystem ، كلا من الأحياء المعجهرية ، بأعدادها وأنواعها المتعددة ، والتربة ، بخواصها وظروفها المختلفة . فهذا النظام البيئى ، هو محصلة علاقات مكونات التربة الحية ، وغير الحية ، Biotic and abiotic components .

توجد الميكروبات فى التربة ، كمجتمع خليط ، بأعداد وفيرة ، وأنواع متعددة ، تنشأ بينها وبين بعضها ، العديد من العلاقات المتبادلة ، بعضها مفيد Beneficial associations ، والأخر ضار Detrimental . وتسبب هذه العلاقات ، تغيرات مستمرة بين المجموعات الميكروبية ، وتؤدى فى النهاية ، إلى الإنزان البيولوجى Biological equilibrium ، الناتج من علاقات التعاون والتضاد .

من أمثلة العلاقات المفيدة بين الميكروبات ، مايلي

١- المعايشة أو المنفعة لطرف واحد Commensalism

فى المعايشة ، يستفيد أحد النوعين (النوع الأول) من النوع الثانى، بينما لا يستفيد ، النوع الثانى من النوع الأول .
ويحدث ذلك ، على سبيل المثال ، عند تحلل المواد العضوية المعقدة ، كالسليولوز واللجنين ، بواسطة بعض الفطريات ، فيستفيد من نواتج التحلل (من جلوكوز وأحماض عضوية) ، ميكروبات أخرى ، غير قادرة على تحليل هذه المواد المعقدة . كما أن بعض الميكروبات ، تعتمد فى نموها ، على ماتفرزه ميكروبات أخرى ، من فيتامينات ومواد مشجعة للنمو .

٢- المشاركة أو التبادل Mutualism

فى هذه العلاقة ، يستفيد كل نوع من النوع الآخر ، ولكن التعاون بينهما ليس إجباريا ، فغياب أحد النوعين ، لا يؤثر على وجود الآخر .
مثالا على ذلك ، ما يحدث من تبادل للعناصر الغذائية ، بين الأزوتوبياكتر والمجهريرات المحللة للنشا ، وبين السيانونوبكتريا (الطحالب الخضراء المزرقة) ، وما يحيط بها من بكتريا . وتسمى حالة التعاون ، التى يحدث فيها تبادل للعناصر الغذائية بين الميكروبات ، باسم التغذية المتبادلة Syntrophism .

٣- التكافل Symbiosis

هنا يستفيد كل نوع من النوع الآخر ، ويعتمد عليه ، والعلاقة بين النوعين ، وثيقة ومتخصصة . مثل ذلك ، العلاقة بين الريزوبيا والنباتات البقولية ، والفرانكيا والنباتات غير البقولية ، والميكوريزا فى جذور بعض النباتات ، وطحلب الأنابينا مع سرخس الأزولا .

من أمثلة العلاقات الضارة بين الميكروبات

Competition

١- التنافس

وفيها يتنازع النوعين ، على نوع واحد من الغذاء ، أو الأكسجين ، أو المكان ، مما يؤدي إلى سيادة النوع الأكثر تأقلمًا ، على النوع الآخر ، كما يحدث بين كثير من بكتيريا التربة وفطر *Fusarium oxysporum* ، من منافسة على مصدر النتروجين ، عندما تكون كميته قليلة ، فتفوز البكتيريا .

Antagonism

٢- التضاد

يحدث ذلك ، نتيجة انتاج نوع من الميكروبات ، أحماضا ضارة ، تؤثر على نمو الميكروبات الحساسة للحموضة ، أو تفرز موادا سامة ، أو مضادات حيوية ، كنواتج للتمثيل الغذائى ، فتؤثر على نمو الميكروبات الأخرى ، وقد تقضى عليها . وتعتبر الأكتينومييسيتات ، من أكثر الكائنات المجهرية ، إفرازا للمضادات الحيوية بالتربة ، التى تحد من انتشار الميكروبات الممرضة للنبات . وقد إستفاد الإنسان من تلك الخاصية ، بإنتاجه للمضادات من الأكتينومييسيتات ، ومن غيرها من الميكروبات ، وإستخدامها فى علاج الكثير من الأمراض كالتيفود ، والسل .

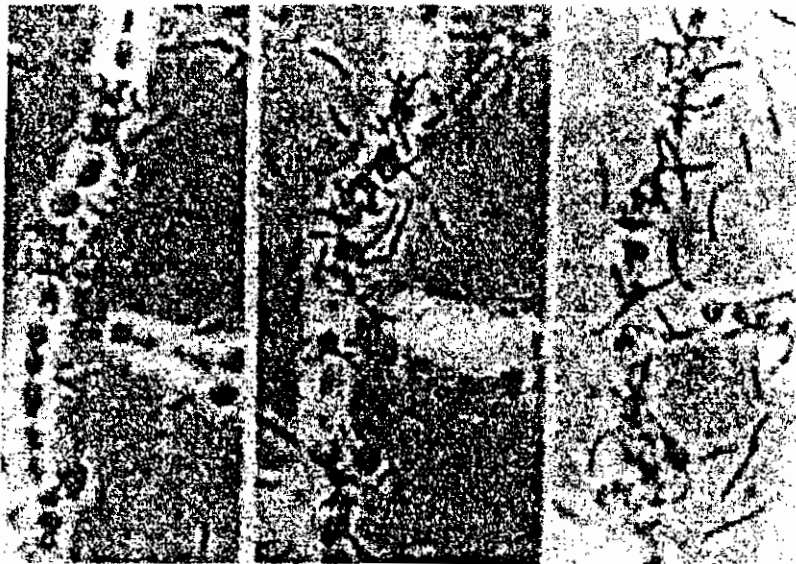
Parasitism and predation

٣- التطفل والإفتراس

تتعرض الكائنات المجهرية بالتربة ، للتطفل والإفتراس (شكلى ٥-٢ و ٥-٣) ، وهذا يحد من نشاطها ، أو قد يقضى عليها . فتتطفل الفيروسات على مجهرات التربة ، وقد تؤدي إصابة الرايزوبيا بالفاج ، إلى نقص عدد الرايزوبيا ، وعدم تكوين عقد بكتيرية على جذر النبات ، كما يتطفل على البكتيريا ، بكتيريا واوية سالبة لجرام هى *Bdellovibrio bacteriovorus* ، توجد بالأرض ومياه المجارى ، وتسبب تحلل خلايا البكتيريا وموتها . كما توجد أنواع من الفطريات ، تتطفل على فطريات أخرى ، وعلى الطحالب والبروتوزوا والنيماطودا . من حيث الإفتراس ، تعتبر البكتيريا من أكثر الأحياء الدقيقة بالتربة ، تعرضا للإفتراس . فتقوم البروتوزوا ، والفطريات اللزجة *Myxomycetes* بالتهام البكتيريا . كما تتغذى البكتيريا اللزجة *Myxobacteria* على البكتيريا الأخرى ، بإذابة خلاياها ، بما تفرزه البكتيريا اللزجة من إنزيمات خارجية محللة ، ثم تمتص المواد المتحللة ، وتتغذى عليها .



شكل ٥-٢ : صورة بالمجهر الإلكتروني ، توضح اختراق البديلوفبريو لجدار بكتريا *E. coli* (٨٤.٠٠٠ x)



البداية

٢ ساعة

٤ ساعة

شكل ٥-٣ : تحلل السيانوبكتريا (خيط نوستوك) بواسطة الميكسوباكتريا خلال عدة ساعات .

Cycle of elements

دورات العناصر

الدور الذى تلعبه ميكروبات الأراضى فى التحولات الأرضية
 البيوكيميائية Biogeochemical role of soil microorganisms

تقوم ميكروبات الأراضى ، بتحويل المواد العضوية المعقدة ، إلى مركبات معدنية بسيطة . وتسمى هذه العملية بالمعدنة Mineralization . وتوفر هذه العملية ، العناصر الغذائية للميكروبات ، والنبات ، والحيوان ، والإنسان .

تصل المواد العضوية إلى التربة ، من مصادر عديدة ، منها المخلفات النباتية (وهى أهم تلك المصادر) ، والمخلفات الحيوانية ، والتسميد العضوى ، والمخلفات الميكروبية . وتتعرض تلك المواد العضوية ، لنشاط الميكروبات الهترتروفية ، التى تقوم بما تفرزه من إنزيمات ، بتحليل تلك المواد العضوية ، للحصول على الطاقة وبناء خلاياها ، مع تحول نسبة كبيرة من كربون المادة العضوية ، إلى ثانى أكسيد الكربون .

ونتيجة لتحلل المواد العضوية ، تختفى المواد السريعة التحلل أولاً ، ثم يبطئ التحلل تدريجياً بعد ذلك ، وتختفى الأنسجة النباتية والحيوانية ، ويتبقى فى نهاية التحلل ، المواد الصعبة التحلل ، التى تكون مع المخلفات الميكروبية وبعض معادن الطين ، مادة معقدة التركيب ، بطيئة التحلل ، لونها غامق ، هى الدبال ، التى تؤثر على خواص التربة الفيزيائية ، والكيميائية ، والبيولوجية .

وبذلك ، فإنه يحدث اثناء معدنة المواد العضوية ، بتأثير ميكروبات الأراضى ، عدة عمليات فى وقت واحد . الأولى ، اختفاء الأنسجة النباتية والحيوانية من المواد العضوية المضافة ، والثانية ، تكون أنسجة جديدة وخلايا ميكروبية ، والثالثة ، تكون الدبال من المواد الصعبة التحلل ، والرابعة ، تكون نواتج نهائية لعملية التحلل .

ويتضح الدور الذى تلعبه ميكروبات الأراضى ، فيما تقوم به فى التربة ، من تحولات بيوكيميائية ، كما فى دورات الكربون ، والنيتروجين ، والكبريت ، والفوسفور ، وغيرها من العناصر . وهذه الدورات ، لها تأثيرها الكبير على إنتاجية الأراضى ، وعلى ما حولنا من ظروف بيئية .

Carbon cycle

دورة الكربون

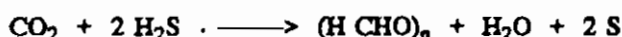
Carbon dioxide fixation

تثبيت ثاني أكسيد الكربون

المصدر الأساسي في الطبيعة ، لكربون المركبات العضوية الكربونية، هو ثاني أكسيد الكربون ، الموجود في الهواء الجوى ، أو المذاب في الماء. ورغم أن النباتات والطحالب ، هي العوامل الأساسية لتثبيت ثاني أكسيد الكربون ، وتحويله بالإختزال الى مواد عضوية ، فإن البكتريا ، قادرة أيضا على تكوين المواد العضوية ، من ثاني أكسيد الكربون ، كما يتضح مما يلي

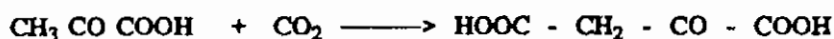
١- البكتريا الأوتوتروفية

يعتبر CO_2 الجو ، مصدر الكربون الوحيد للبكتريا الأوتوتروفية . ونتيجة للإختزال ، فإنه يتحول إلى كربوهيدرات ، حسب المعادلة العامة)



٢- البكتريا الهتروتروفية

تثبيت CO_2 ، عملية شائعة بين البكتريا الهتروتروفية ، ومصدر الكربون هنا هو المواد العضوية ، كما يتضح من المعادلة الآتية



حامض بيروفيك

حامض أكسال أسيتيك

تحلل المواد العضوية الكربونية

Organic carbon compounds degradation

. تتعرض المواد العضوية الكربونية ، التي تصل إلى التربة ، للتحلل بتأثير النشاط الميكروبي ، مع تكون غاز ثاني أكسيد الكربون (وهو من النواتج النهائية للتحلل) ، الذي يتصاعد الى الجو ، كما ينتشر بالتربة . وتختلف المواد العضوية في سرعة تحللها ، فبعضها السريع ، كالمكونات الذائبة والسكريات البسيطة ، يليها النشا والسليلوز ، ومنها البطيء ، مثل اللجنين والشموع والراتنجات .

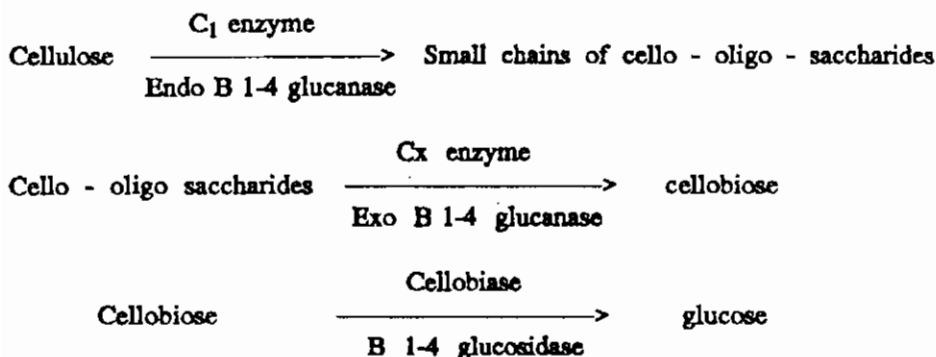
والناتج النهائي لتحلل المواد الكربونية ، تحت الظروف الهوائية هو CO_2, H_2O ، نتيجة الأكسدة الكاملة .
أما تحت الظروف اللاهوائية ، فإن الأكسدة تكون غير كاملة ، فنتج كحولات ، كإيثانول والبروبانول والبيوتانول ، وأحماض عضوية ، مثل الخليك والفورميك والبيسوتيريك واللاكتيك ، وغازات مثل ، $CO_2, H_2, CH_4, H_2S, NH_3$... وغيرها .

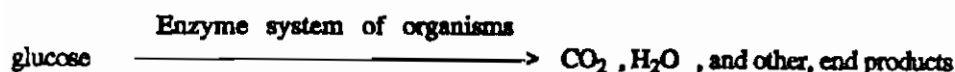
السليلوز Cellulose

من أمثلة المواد العضوية الكربونية ، التي تتعرض للتحلل بالتربة ، السليلوز . ويعتبر السليلوز ، المكون الأساسي بالمخلفات النباتية ، حيث تصل نسبته ، إلى حوالي ٦٠ ٪ ، من تركيب تلك المخلفات ، وهو مادة كربوهيدراتية معقدة ، يتركب من وحدات عديدة من الجلوكوز ، مرتبطة بروابط جليكوزيدية ، من نوع بيتا ١ - ٤ . وهي يلي السكريات البسيطة والنشا ، من حيث سرعة التحلل ، بواسطة ميكروبات الأراضي .

يتحلل السليلوز في التربة ، بواسطة الميكروبات ، بما تفرزه من إنزيمات ، تسمى في مجموعها Cellulases ، فيتحلل تدريجيا ، حتى يصل إلى السيلوبايوز Cellobiose ، وهو وحدتين من الجلوكوز ، ثم إلى جلوكوز ، الذي يستخدمه الميكروب ، كمصدر للكربون والطاقة . ويتحلل الجلوكوز هوائى إلى CO_2, H_2O ، أو لاهوائى إلى مركبات وسطية ، وذلك حسب ظروف الميكروب .

ويمكن تلخيص عمليات التحلل فى الخطوات الآتية





الميكروبات النشطة فى تحليل السليلوز (شكل ٥-٤) ، هى البكتريا الهوائية واللاهوائية ، والفطريات . وتسود البكتريا والأكتينومييسيتات ، فى الأراضى المتعائلة والمائلة للقلوية ، بينما تسود الفطريات ، فى الظروف الحامضية .

من أجناس البكتريا المحللة Cytophage , Bacillus , Clostridium

ومن أجناس الاكتينومييسيتات Micromonospora , Nocardia , Streptomyces

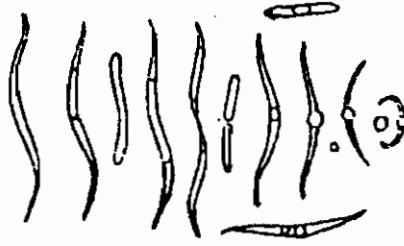
ومن الفطريات Alternaria , Aspergillus , Chaetomium , Penicillium

ونظرا لأن الحيوانات ، غير قادرة على إفراز الانزيمات المحللة للسليلوز ، فإن البكتريا المحللة للسليلوز ، الموجودة بمعدة الحيوانات آكلة العشب ، تعتبر المسئولة ، عن تحلل المواد السليلوزية الموجودة بالعليقة .

المخلفات العضوية الاخرى

تتعرض المخلفات العضوية الأخرى ، كالنشا ، والهيميسليلوز ، والبكتين ، والكيتين ، والصمغ ، واللجنين ، للتحلل الميكروبى ، كما حدث فى حالة السليلوز ، الذى سبق الكلام عنه ، مع اختلاف الإنزيمات ، والميكروبات المحللة ، حسب نوع المخلفات ، وظروف التربة .

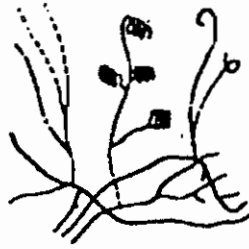
أ - الستيوفاجا



ب - الأكتينومييسيتات



Nocardia



Streptomyces

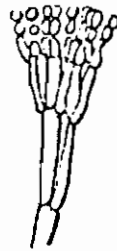


Micromonospora

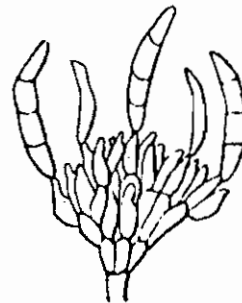
ج - الفطريات



Aspergillus



Penicillium



Fusarium

شكل ٤-٥ : بعض الميكروبات المحللة للسليولوز من سيتوفاجا ،
وأكتينومييسيتات ، وفطريات .

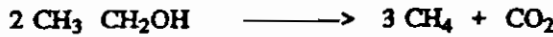
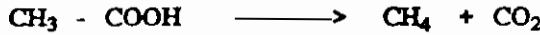
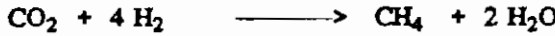
تكون وأكسدة غاز الميثان

Production and oxidation of methane

يتكون غاز الميثان ، تحت الظروف اللاهوائية ، من تحلل المواد العضوية القابلة للأكسدة . ويحدث ذلك بالتربة المغمورة بالمياه ، وفى قاع البرك والمستنقعات ، وفى كرش الحيوانات المجترة .

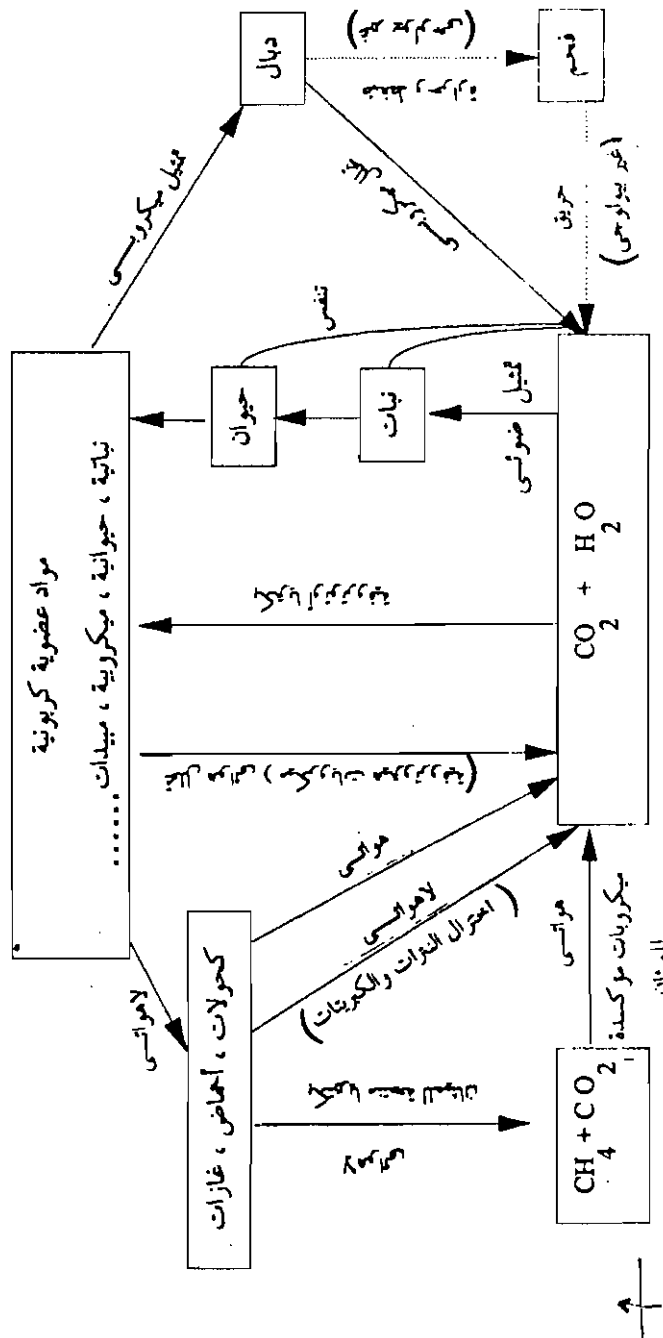
يقوم بإنتاج غاز الميثان ، مجموعة من البكتريا اللاهوائية المتخصصة ، تسمى البكتريا المنتجة لغاز الميثان *Methanogenic bacteria* ، مثل *Methanococcus* ، *Methanobacterium* ، *Methanospirillum* . ومصائر الكربون الملائمة لهذه البكتريا ، هى الأحماض العضوية ، والكحولات ، وغاز CO_2 ، التى تنتجها الميكروبات الأخرى ، التى تحلل الكربوهيدرات لاهوائيا .

ينتج غاز الميثان ، بواسطة البكتريا المتخصصة ، بمجموعة من التفاعلات ، من أمثلتها ، المعادلات العامة التالية



إذا أصبحت الظروف هوائية ، فإن البكتريا المؤكسدة للميثان *Methylophilic bacteria* ، وهى هوائية حتما ، مثل *Methylococcus* ، *Methylomonas* ، علاوة على بعض الفطريات ، تقوم بأكسدة الميثان ، وأكسدة مجموعة الميثايل ، واستخدامهما كمصدر للكربون . وتوجد هذه الميكروبات فى التربة جيدة التهوية ، وعلى سطح مياه الأراضي المغمورة ، حيث تستفيد من الميثان المتكون ، فى الأعماق البعيدة عن الأكسجين ، أو فى مسام التربة الضيقة .

ويوضح الشكل (٥-٥) دورة الكربون فى الطبيعة



شكل ٥-٥ : دورة الكربون في الطبيعة

Nitrogen cycle

دورة النتروجين

يعتبر النتروجين ، حجر الأساس فى جزئى البروتين ، المكون لبروتوبلازم جميع الخلايا الحية . وتعتمد الحياة ، على استمرار سد النقص فى المركبات النتروجينية ، التى تعتبر من أكثر المركبات فى الطبيعة ، تعرضا للتحويلات البيولوجية ، بما فى ذلك من تفاعلات الأكسدة والإختزال . وتسمى هذه التحويلات مجتمعة ، بدورة النتروجين . ويقوم بتلك التحويلات ، العديد من الميكروبات ، بما تفرزه من إنزيمات .

يضاف النتروجين للتربة ، على هيئة أسمدة معدنية ، أو فى صورة عضوية ، تشمل المخلفات النباتية ، والحيوانية ، والميكروبية ، والأسمدة العضوية .

وتشمل التحويلات البيولوجية للنتروجين ما يلى

أولا : معدنة النتروجين العضوى Organic nitrogen mineralization

يأخذ النبات معظم إحتياجاته من النتروجين ، فى صورة معدنية (أمونيا ونترات) . لذلك ، فإن معدنة المواد العضوية النتروجينية ، ومنها البروتين ، والأحماض النووية ، والسكريات الأمينية ... وغيرها ، تعتبر عملية أساسية لدورة النتروجين ، وخصوبة الأراضى .

وتتضمن عملية المعدنة ، خطوتين أساسيتين هما : النشدة Ammonification ، وهى عبارة عن تحليل النتروجين العضوى حتى يكون الأمونيا ، والتأزوت (النترنة) Nitrification ، وهى عبارة عن أكسدة الأمونيا إلى نترات.

١- النشدة

تقوم أعداد ضخمة من ميكروبات الأراضى ، بما تفرزه من إنزيمات خارجية محللة للبروتين ، بتحليل البروتين إلى أحماض أمينية . ومن الميكروبات النشطة ، فى تحليل البروتينات

البكتريا الهوائية واللاهوائية مثل

Bacillus , Proteus , Pseudomonas , Clostridium sporogenes

Streptomyces

Alternaria , Aspergillus , Penicillium

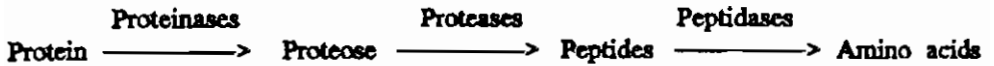
والأكتينوميسيتات مثل

والفطريات مثل

تحت الظروف الهوائية ، تكون نواتج تحليل البروتين النهائية ، هي الأمونيا ، و CO_2 , H_2O , H_2S .

أما تحت الظروف اللاهوائية ، فإنه يصحب التحلل ، تكون روائح كريهة ، لحدوث تعفن Putrefaction ، حيث تكون النواتج النهائية ، أمونيا ، أمينات ، أحماض عضوية ، أحماض أمينية ، H_2S , CO_2 ، ومركبات كبريتية كالمركبتان ، والسكانول .

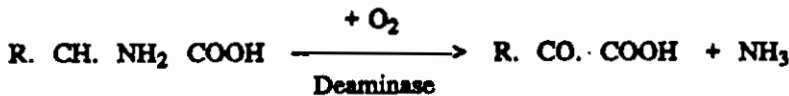
يتحلل البروتين على خطوات



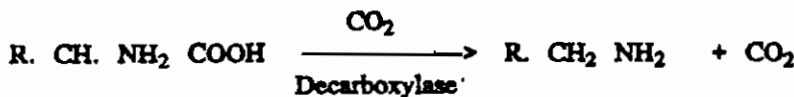
الأحماض الأمينية الناتجة من التحلل ، جزء منها تستخدمه الميكروبات الهتروتروفية ، كمصدر للنيتروجين والكربون ، والجزء الباقي ، يتحلل بتأثير بعض الميكروبات .

تتعرض الأحماض الأمينية ، للتحلل الميكروبي بطرق عديدة ، وذلك حسب ظروف التربة ، والميكروبات ، حيث يتم نزع جزيء الأمين Deamination ، أو نزع جزيء الكربوكسيل Decarboxylation ، ويتم ذلك بطرق عديدة ، تمثلها المعادلات العامة التالية

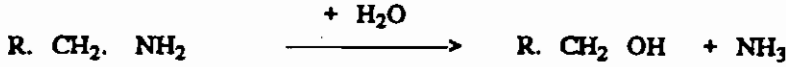
Deamination (Oxidative)



Decarboxylation



Hydrolysis

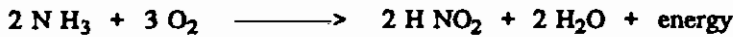


الأمونيا المتكونة ، قد تتطاير ، أو تذوب بالتربة وتكون NH_4^+ ، أو تتأكسد إلى نترات ، حيث تستعمل الأمونيا أو النترات ، فى تغذية النبات والميكروبات، أو تتعرضان للفقد .

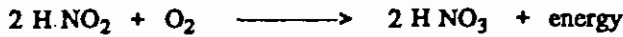
٢- التآزوت (النترتة)

تقوم ميكروبات الأراضى ، بتحويل الأمونيا المتجمعة ، إلى نترات بالأكسدة . ويتم ذلك على مرحلتين ، لكل مرحلة ، مجموعة البكتريا المتخصصة لها ، وكلها بكتريا هوائية ، أوتوتروفية حتما ، سالبه لصبغة جرام ، ذات أشكال مورفولوجية متعددة ، بطيئة النمو ، توجد فى التربة والمياه ، وفى مياه المجارى . وتحصل هذه البكتريا على الطاقة اللازمة لها، من عملية الأكسدة

أ- أكسدة الأمونيا إلى نترت ، بواسطة البكتريا المؤكسدة للأمونيا مثل *Nitrosomonas* , *Nitrosococcus* , *Nitrosovibrio* ، وتقوم هذه البكتريا بالتفاعل التالى



ب- أكسدة النيتريت إلى نترات ، بواسطة البكتريا المؤكسدة للنترت مثل *Nitrobacter* , *Nitrococcus* ، وتقوم هذه البكتريا بالتفاعل التالى



يلاحظ ان النترت المتكون فى الخطوة الأولى ، سام للنبات ، ولكنه لايتراكم بالتربة ، فبمجرد تكوينه ، يتأكسد إلى نترات ، مفيد للنبات .

عملية التآزوت ، عملية بيولوجية هامة بالأراضى ، حيث أن النترات المتكون ، هو أفضل صورة لإمتصاص المواد النتروجينية ، فى أغلب النباتات .

Nitrogen loss from soil

ثانياً: فقد النتروجين من التربة

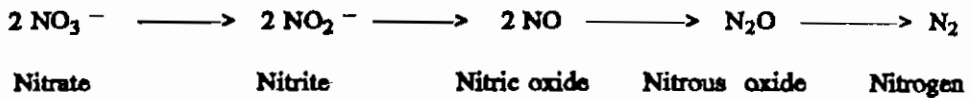
يفقد النتروجين من التربة ، إما بطريقة بيولوجية ، كما يحدث فى عملية انطلاق (تحرير) النتروجين Denitrification ، واختزال النترات Nitrate reduction ، أو بطريقة غير بيولوجية ، بالتطاير ، وفى مياه الصرف.

فقد النتروجين ، عملية غير مرغوبه زراعياً ، والظروف البيئية التى تسمح بالفقد البيولوجى ، هى : وجود ظروف لاهوائيه ، توفر المواد العضوية القابله للأكسدة ، ارتفاع حرارة التربة (من ٢٥ إلى ٦٥°م) ، والوسط المتعادل ، أو المائل للقلوية .

ويحدث الفقد ، بواسطة انواع كثيرة من البكتريا ، الأوتوتروفية والهتروتروفية ، بما تفرزه من إنزيمات ، فى سلسلة من التفاعلات البيوكيميائية ، حيث ، أنه فى غياب الأكسجين ، تعمل النترات كمستقبل للإيدروجين ، لهذه البكتريا .

- انطلاق النتروجين

فى هذه العملية ، تختزل النترات اختزالاً كاملاً ، إلى نتروجين غازى .



- اختزال النترات

فى هذه العملية ، تختزل النترات إلى أمونيا ، وهو عكس عملية التآزوت.



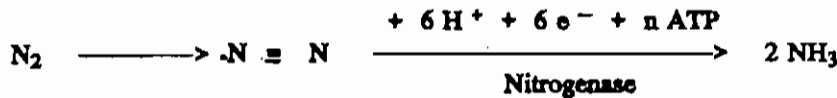
من أجناس البكتريا التى تقوم بهذه التفاعلات :

Achromobacter , Alcaligenes , Bacillus , Chromatium , Hyphomicrobium , Pseudomonas , Thiobacillus and Vibrio

ومما يذكر ، أن البكتريا التى تقوم بهذه التفاعلات ، غير متخصصة ، فكثير منها فى الظروف العادية ، يقوم بعمليات النشدة ، وغيرها من التفاعلات الحيوية . ولكنها تقوم بعمليات الإختزال وإنطلاق النتروجين ، عند ما تسود بالتربة الظروف البيئية ، المشجعة لهذه التحولات .

ثالثا : تثبيت النتروجين الجوى Nitrogen fixation , Diazotrophy

المقصود بعملية التثبيت الحيوى للنتروجين الجوى ، هو تحويل النتروجين الجوى ، بواسطة الميكروبات ، إلى أمونيا ، حيث يستخدم لبناء خلاياها . وتوجد مجموعة كبيرة من الكائنات ، بدائية النواه (بروكاريوتا) ، لها القدرة على استخدام النتروجين الغازى ، كمصدر للنتروجين ، لاحتوائها على انزيم النيتروجيناز Nitrogenase ، المثبت لنتروجين الهواء الجوى ، والذي يقوم بالتفاعل التالى ، لإنتاج الأمونيا



الأمونيا المثبتة داخل جسم الميكروب ، تمثل لبناء مواد بروتينية



البكتريا المثبتة للنتروجين الجوى مجموعتان (جدول ٥-١)

١- بكتريا لاتكافليه Non-Symbiotic

وهى تثبت النتروجين ، أثناء معيشتها الحرة بالتربة Free-living diazotrophs .

٢- بكتريا تكافليه Symbiotic

وهى تثبت النتروجين ، عندما تعيش تكافليا مع النبات (غالبا فى جذور النبات) Symbiotic diazotrophs .

جدول ٥-١ : بعض أجناس وأنواع البكتريا الهامة ، المثبتة للنيتروجين الجوى

A: Free - living Diazotrophs

B: Symbiotic diazotrophs

A 1: Heterotrophs

1- Rhizobium on legumes

Azospirillum lipoferum محب للهواء بكمية قليلة

2- Frankia on non-legumes

Azotobacter chroococcum هوائى

3- Anabaena on Azolla

Beijerinckia indicum هوائى

Bacillus polymyxa اختياري للهواء

Enterobacter aerogenes اختياري للهواء

Escherichia coli اختياري للهواء

Clostridium pasteurianum لاهوائى

A 2 : Autotrophs

1- Oxygenic photobacteria (Cyanobacteria)

Gloeocapsa وحيد الخلية

Anabaena خيطى يكون هتيروسست

Nostoc خيطى يكون هتيروسست

Oscillatoria خيطى لا يكون هتيروسست

Plectonema خيطى لا يكون هتيروسست

2- Anoxygenic photobacteria

Chlorobium thiosulfatophilum

Chromatium vinosum

Rhodospirillum rubrum

3- Chemosynthetic bacteria

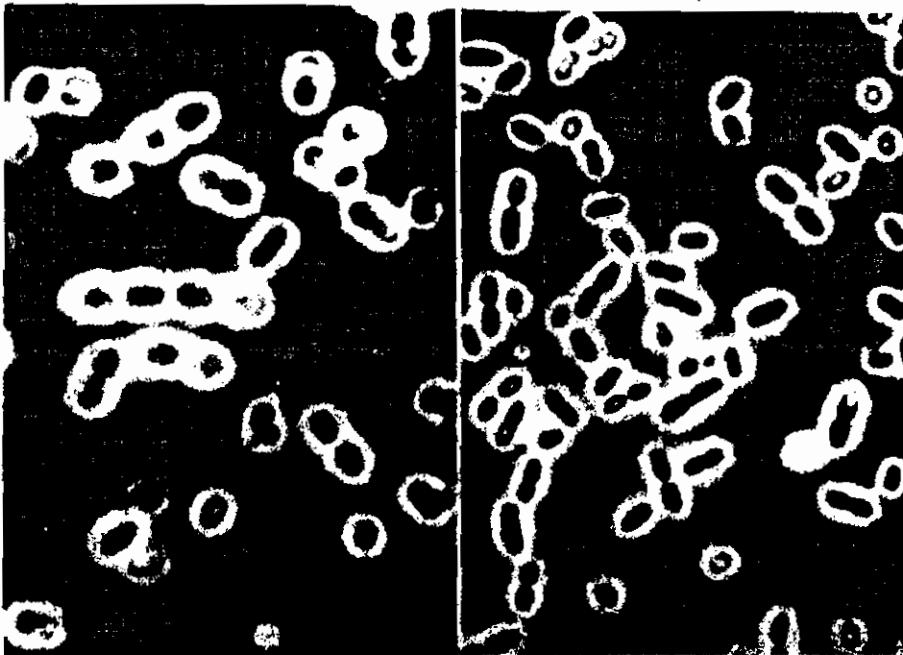
Thiobacillus sp.

التثبيت اللا تكافلي Non-symbiotic fixation

تقوم انواع عديدة ، من البكتريا الهتروتروفية واللاوتوتروفية ، بتثبيت النتروجين الجوى لاتكافليا . وتتراوح كمية النتروجين المثبتة عادة ، ما بين ١٠ - ٢٥ كجم نتروجين / فدان سنويا ، وذلك حسب ظروف التربة . وبالإضافة إلى قدرة هذه الميكروبات ، على تثبيت النتروجين ، فإنها تفرز الكثير من المواد المنشطة للنمو ، مثل إندول حامض الخليك ، وبعض الفيتامينات ، التى تساعد على زيادة انتاج المحصول المنزرع .

والأنواع الهتروتروفية للكثيرة الانتشار بالتربة ، هى

Azotobacter spp. (شكل ٦-٥) ، وهى هوائية ، كروية إلى بيضاوية ، غالبا فى أزواج ، سالبة لصبغة جرام .
Clostridium pasteurianum (شكل ٧-٥) ، وهى لاهوائية ، عصوية متجرثمّة ، موجبة لصبغة جرام .



Az. agilis

Az. chroococcum

شكل ٦-٥ : بكتريا الأزوتوباكتر بمجهر تباين الأطوار الضوئى (x ١.٢٠٠)

الأنواع الأوتوتروفية ، التى تلعب دورا هاما فى تثبيت النتروجين الجوى ، فى الأرضى المنزرعة أرزا ، هى البكتريا الممثلة للضوء الأكسوجينية (السيانوبكتريا) ، ومن أجناسها الواسعة الانتشار : *Nostoc* , *Anabaena* (شكل ٨-٥) ، وهى خيطية وتكون هتيروسست *Heterocyst* ، وهذه ، عبارة عن خلايا خاصة ، توجد على مسافات بطول خيط البكتريا ، وهى مكان تثبيت النتروجين بهذه السيانوبكتريا .



Cl. pasteurianum

شكل ٧-٥ : بكتريا لاموائية مثبتة للنتروجين الجوى (x ١٠٠٠)



شكل ٨-٥ : خيط سيانوبكتريا نوستوك عمره ١٠ أيام (x ١.٢٠٠)

Symbiotic fixation

التثبيت التكافلى

تقوم أنواع من البكتريا ، والأكتينوميسيتات ، وبعض السيانونوبكتريا ، بتثبيت النتروجين الجوى داخل النباتات ، بالإشتراك مع بعض النباتات ، مغطاة ، ومعالجة البذور .

من صور التثبيت التكافلى

١- التكافل بين الرايزوبيا والنباتات البقولية

Rhizobium - legume symbiosis

فى هذه المعيشة التكافلية ، تقوم بعملية التثبيت ، بكتريا العقد الجدرية Root-nodule bacteria ، التابعة لجنسى Bradyrhizobium و Rhizobium ، وذلك بداخل العقد الجذرية Root-nodules ، حيث تعيش هذه البكتريا معيشة تكافلية ، مع النباتات البقولية مثل البرسيم ، والبسلة ، والفاصوليا ، والفل ، وفول الصويا .

وفى هذه العلاقة التكافلية ، فإن النبات يمد البكتريا ، بما تحتاجه من سكريات ، ومصادر للطاقة ، ومواد عضوية ، وغير عضوية ، بينما تمد البكتريا ، النبات ، بالمواد النتروجينية المثبتة .

وهناك نوع من التخصص بين البكتريا العقدية ، والنبات البقولى العائل . فلكل نبات بقولى ، أو مجموعة من النباتات البقولية ، نوع ، أو سلالة معينة من الرايزوبيا ، التى تستطيع أن تكون عقدا على جذور ذلك النبات ، وتثبت بالعقدة النتروجين ، بينما لا تستطيع ذلك سلالة أخرى . مثالا على ذلك ، فإن البكتريا *R. meliloti* ، تكون عقدا فعالة ، قادرة على تثبيت النتروجين ، بجذور نباتات مجموعة البرسيم الحجازى ، وهى البرسيم الحجازى ، والحب ، والحنطوق ، بينما لا تستطيع أن تكون تلك العقد ، أو تكون عقدا كاذبة غير مثبتة للنتروجين ، بالبرسيم العادى ، والمجموعة التابعة له ، لأن مجموعة البرسيم العادى ، تصيبها البكتريا من نوع *R. trifolii* ... وهكذا .

وحتى بالنسبة للنوع الواحد من النبات البقولى ، فإنه توجد سلالات فعالة من الرايزوبيا ، التى تصيبه بكفاءة ، عن سلالات أخرى .

لذلك ، تقسم البكتريا العقدية ، حسب مجموعة العوائل النباتية ، التى تصيبها ، إلى سبعة مجاميع ريزوبيا رئيسية ، هى

R. meliloti (Alfalfa group)	Br. japonicum (Soybean group)
R. trifolii (Clover group)	Br. lupini (Lupine group)
R. leguminosarum (Pea group)	Br. sp. (Cowpea group).
R. phaseoli (Bean group)	

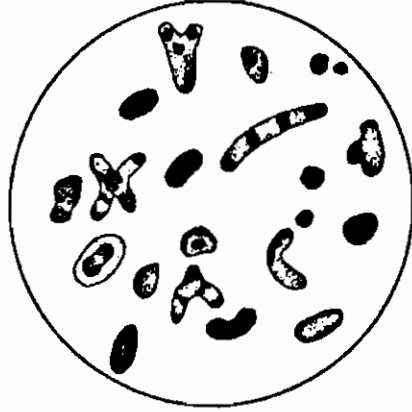
والبكتريا العقدية هوائية ، وعندما توجد فى الحالة الحرة بالتربة ، تكون عصوية الشكل ، غير قادرة على تثبيت النتروجين . وعند زراعة النبات البقولى ، فإن البكتريا العقدية - اذا كانت من النوع المتخصص للنبات المنزوع - تغزو المجموع الجذرى ، وتدخل من طرف الشعيرات الجذرية ، وتنمو مكونة خيط العدوى infection thread (وهو مكون من البكتريا العقدية ، محاطة بأنبوبة من السليلوز) .

يمتد خيط العدوى باخل الشعيرة الجذرية ، حتى يصل إلى خلايا القشرة بالجذر ، أو البريسيكل فى بعض النباتات ، حيث يتفرع بالخلايا ، ثم يختفى خيط العدوى المغلف للبكتريا ، وتتكاثر البكتريا تكاثرا سريعا ، وتتنبه خلايا القشرة (أو البريسيكل) ، فتتنشط ، وتتكاثر ، وتتضخم ، وبذلك تتكون العقدة الجذرية ، التى تتصل بالحزم الوعائية للجذر ، وتعيش البكتريا العقدية ، فى خلايا العقدة ، حيث تثبت النتروجين ، وتتم عملية تبادل المنفعة .

تأخذ البكتريا وهى فى العقدة أشكال TLYXV ، (شكل ٥-٩) ، ويسمى ذلك طور البكتيرويد Bacteroid ، وهو طور البكتريا العقدية ، الموجود بالعقد الجذرية ، المحتوى على انزيم النيتروجيناز ، المثبت لنتروجين الهواء الجوى.

شكل وحجم العقد الجذرية ، يختلف باختلاف العائل ، وتتكون العقدة على الجذر ، فى مدة لاتقل عن أسبوعين من بدء الإصابة ، وتستمر البكتريا بالعقدة مدة حوالى سبعة أسابيع ، ثم تنفجر العقدة ، وتخرج منها البكتريا لتعيش حرة فى التربة ، لتغزو شعيرات جذرية أخرى .

أهمية البكتريا العقدية كبيرة ، بالنسبة لكل من النبات البقولى ، والتربة الزراعية . فالنبات البقولى ، يجد حاجته من النتروجين المثبت ، كما أن الزائد عن حاجته ، وما يتخلف بالتربة بعد حصاده ، من عقد غنيه بالمواد النتروجينية ، تفيد المحصول التالى .

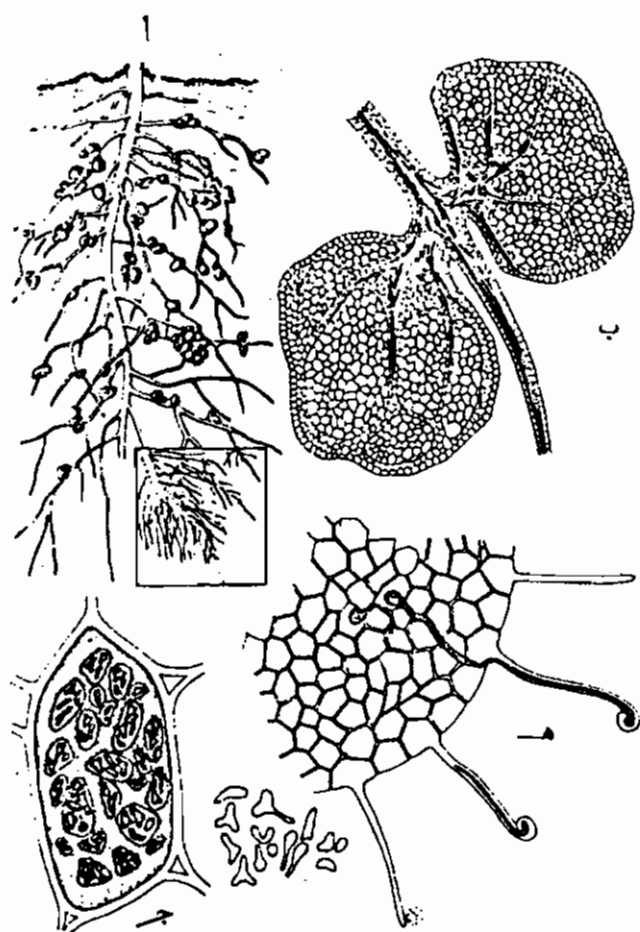


شكل ٩-٥ : نماذج لأشكال بكتريا الرايزوبيا فى طور البكتيرويد بداخل عقده جنرية (x ١.٢٠٠) .

مقدار ما تثبته البكتريا العقدية من نتروجين ، يختلف باختلاف النبات وظروف التربة ، وقد تصل فى حالة البرسيم الحجازى إلى ١٠٠ كجم نتروجين للغدان سنويا .

وتعتبر عملية تلقيح بنور البقوليات (أو التربة) عند الزراعة ، بالبكتريا العقدية ، عملية زراعية مفيدة ، خاصة فى الأراضى حديثة الاستصلاح ، التى قد تكون خالية من البكتريا العقدية المتخصصة . وتحتوى التحضيرات التجارية من اللقاح ، على سلالات البكتريا العقدية المتخصصة ، محملة على حامل مناسب ، حيث تحفظ تحت ظروف ملائمة ، لحين استعماله ، كلقاح للبنور أو التربة .

ويوضح شكل (٥-١٠) ، العقد الجنرية بنبات البسلة .



شكل ٥-١٠: التثبيت التكافلي في عقدة جنرية لنبات بقولي

- أ - جنر نبات البسلة عليه عقد
- ب - قطاع في عقدة جنرية تامة التكوين
- ج - قطاع في خلية مملوءة بالرايزوبيا
- د - بكتريا في طور البكتيريود بدخل الخلية
- هـ - اختراق بكتريا العقد لطرف الشعيرة الجنرية ، وتكون خيط العنوى

٢- التكافل فى النباتات غير البقولية

Symbiotic nitrogen fixation on non-leguminous plants.

بعض النباتات غير البقولية ، سواء مغطاة ، أو معراه البنور ، تكون عقدا جذرية قادرة على تثبيت النتروجين الجوى . ومعظم هذه النباتات ، عبارة عن أشجار خشبية معمرة ، منتشرة فى أماكن كثيرة من العالم ، فى أراضي فقيرة فى عنصر النتروجين ، مما يبين أهمية عملية تثبيت النتروجين لهذه الأشجار .

من النباتات مغطاة البنور ، المثبتة للنتروجين ، نبات الألباناس *Alnus glutinosa* ، وهو خشب جيد للأثاث ، والكانورينا *Casuarina* وهو مصدر جيد للرياح . ومن معراه البنور ، نبات السيكاكس *Cycas* .

كمية النتروجين المثبتة بهذه النباتات ، تختلف حسب النبات ، وظروف التربة ، وهى تتراوح من ١٢ إلى ٢٠٠ كجم نتروجين / هكتار سنويا . وقد يصل حجم العقدة الجذرية فى بعض الأشجار الخشبية ، مثل نبات الألباناس ، إلى حجم كرة التنس .

بالنسبة لأشجار الألباناس والكانورينا ، فإن البكتريا المثبتة للنتروجين بالعقدة ، تتبع جنس *Frankia* التابع لمجموعة الأكتينومييسيتات . وتتشابه عملية غزو الجذور ، وتكوين العقد البكتيرية الجذرية ، مع ما يحدث بين الرايزوبيا والبقوليات . وتسمى النباتات غير البقولية ، المكونة لعقد جذرية ، تكافليا مع الأكتينومييسيتات (الفرانكيا) ، تسمى بإسم *Actinorrhizal plants* .

بالنسبة لأشجار السيكاكس ، فقد وجد أن جذورها ، تحتوى على خيوط من البكتريا الخضراء المزرقمة *Anabaena cycadeae* ، المثبتة للنتروجين ، فى منطقة بين القشرة الخارجية ، والداخلية للجذور .

٢- التكافل بين السيانوبكتريا والأزولا

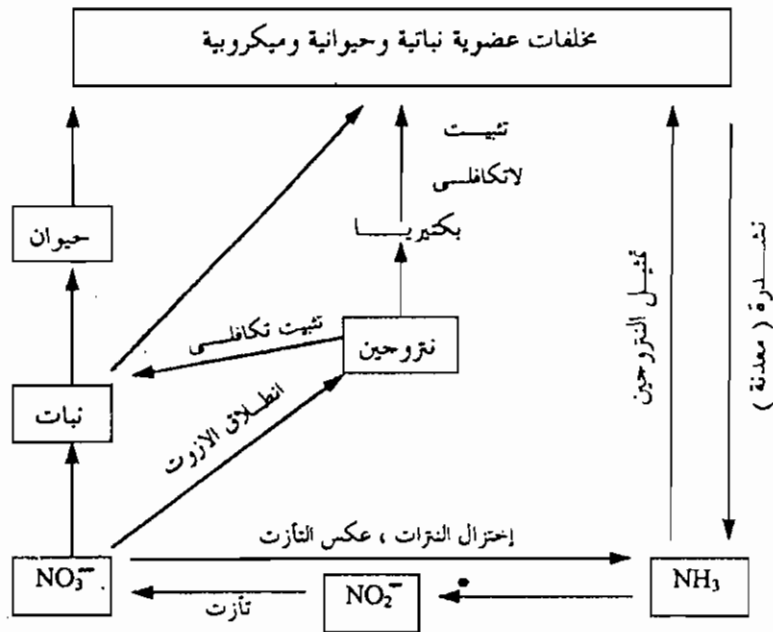
Anabaena - azolla symbiosis

تستطيع السيانوبكتريا من جنس *Anabaena azollae* ، تثبيت النتروجين تكافليا ، مع نبات الأزولا . والأزولا سرخس مائى ، يوجد ناميا بكثرة على سطح المياه ، خاصة بالمناطق الإستوائية . ويعيش الأنايبينا تكافليا ، داخل

نبات الأزولا ، فى شكل خيوط لزجة ، فى فجوات ، توجد على سطح الفص السفلى ، لنبات الأزولا .

وبطرق الزراعة المناسبة ، فإنه يمكن استخدام الأزولا ، كسماد أخضر ، ومصدرا للنتروجين ، بأراضى الأرز المغمورة بالمياه ، حيث تستطيع الأنابينا المتكافلة مع الأزولا ، أن تثبت حوالى ٢٥٠ كجم نتروجين / فدان ، فى موسم زراعة الأرز ، كما يمكن استخدام الأزولا أيضا ، كغذاء فى علائق الحيوانات ، والطيور ، وفى عمل السماد العضوى الصناعى بالمزارع.

والشكل (١١-٥) ، يوضح دورة النتروجين فى الطبيعة



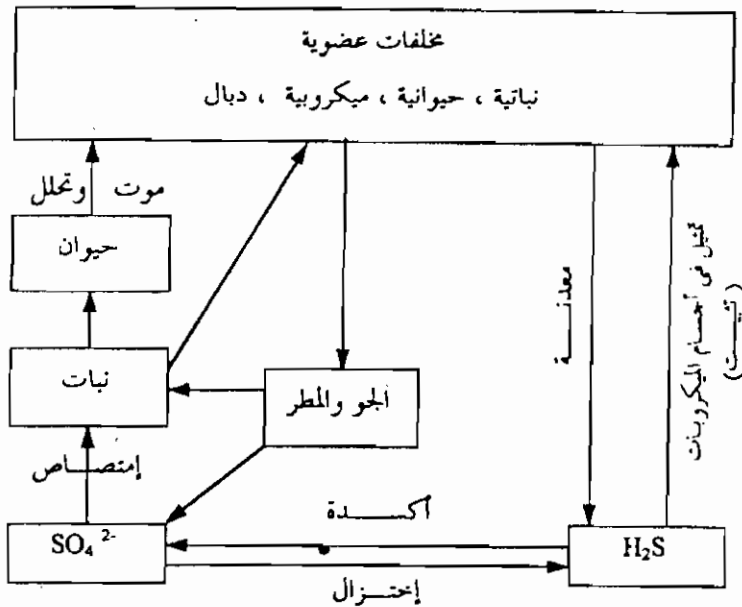
شكل ١١-٥ : دورة النتروجين

Sulfur cycle

دورة الكبريت

يتعرض الكبريت ، مثل الكربون والنتروجين ، لمجموعة من التحولات ، تتم فى نورة (شكل ٥-١٢) ، تقوم بها الكائنات المجهرية . فبعض المجهريات ، يستطيع أكسدة المركبات الكبريتية ، بينما يستطيع البعض الآخر ، القيام بعمليات الإختزال .

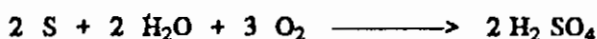
وتتشابه التحولات ، التى تقوم بها الميكروبات فى دورة الكبريت (من حيث المعدنه والأكسدة والإختزال) ، مع تلك التى تقوم بها الميكروبات ، فى دورة النتروجين .



شكل ٥-١٢ : دورة الكبريت

ويمكن تلخيص بعض التحولات البيوكيميائية ، التى تقوم بها الميكروبات ، فى دورة الكبريت ، فى الآتى

١- تقوم بعض أنواع البكتريا ، بأكسدة الكبريت المعدنى ، وهو صورة غير صالحة لتغذية النبات والحيوان ، إلى كبريتات ، وهى الصورة الصالحة للتغذية ، كما يتضح من المعادلة التالية

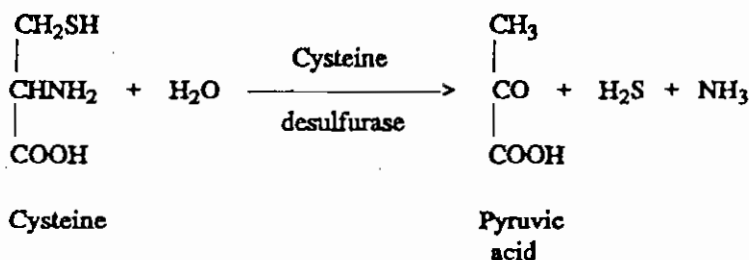


من البكتريا التى تقوم بهذا التفاعل ، *Thiobacillus thiooxidans* ، وهى بكتريا هوائية ، أوتوتروفية ، مؤكسدة للكبريت ، ومقاومة للحموضة .

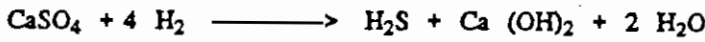
كما تستطيع البكتريا الأخرى المؤكسدة للكبريت ، مثل *Thiobacillus spp.*, *Beggiatoa* , *Thiothrix* ، أكسدة مركبات الكبريت المختزلة (H_2S , SO_3^{2-}) ، مع تكوين كبريت ، وكبريتات



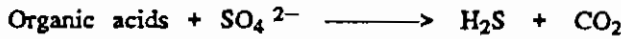
٢- تتحول الكبريتات ، بالتمثيل الغذائى ، الميكروبى والنباتى والحيوانى ، إلى أحماض أمينية كبريتية ، تدخل فى تركيب البروتين . وتقوم كثير من الميكروبات الهتروتروفية ، بمعدنة الكبريت العضوى ، فى عملية تشابه عملية النشطرة فى دورة النتروجين ، حيث تقوم الميكروبات ، بما تفرزه من إنزيمات ، بتحليل البروتين ، مع إنفراد الأحماض الأمينية ، ومنها الكبريتية ، التى تتحلل ، وينفرد منها الكبريت ، كما يتضح من المثال التالى



٣- كما تختزل الكبريتات إلى كبريتيد الإيدروجين ، بواسطة ميكروبات الأراضى ، كما يتضح من المعادلة التالية

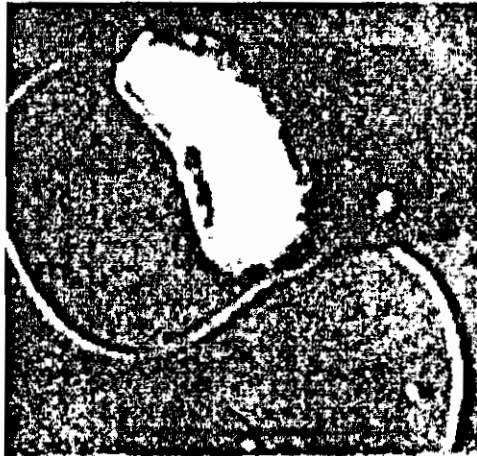


البكتريا التى تقوم بالإختزال ، بكتريا لاهوائية ، مختزلة للكبريتات ، حيث تستخدم الكبريتات كمستقبل للإلكترونات ، لأكسدة المواد العضوية



من هذه البكتريا :

الأنواع التابعة لجنس *Desulfotomaculum* ، وهو عصوى متجرثم ، وايضا *Desulfovibrio desulfuricans* ، وهو واوى غير متجرثم (شكل ١٣-٥) .

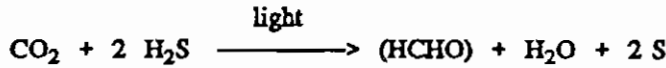


شكل ١٣-٥ : صورة بالمجهر الإلكتروني لبكتريا *Desulfovibrio desulfuricans* (١٨.٥٠٠ x) .

يظهر نشاط البكتريا المختزلة للكبريتات ، بشكل واضح فى طين قاع البرك والبحيرات ، حيث يتكون FeS ، نتيجة لإختزال الكبريتات ، ويصبح لون طين القاع ، أسودا مزرقا .

والدور الذى تلعبه البكتريا فى إختزال الكبريتات ، يتشابه مع إختزال النترا فى دورة النتروجين .

٤- كما يتأكسد كبريتور الإيدروجين ، الناتج من اختزال الكبريتات ومن تحلل الأحماض الأمينية الكبريتية ، إلى كبريت . ويقوم بهذا التفاعل ، بكتريا الكبريت اللاهوائية الممثلة للضوء : الخضراء Chlorobium ، والأرجوانية Chromatium ، باستخدامها كبريتيد الإيدروجين ، كمانح للإلكترونات ، لإختزال CO_2 .



التحولات البيوكيميائية للعناصر الأخرى

بالإضافة إلى ما تقوم به ميكروبات الأراضي ، من تحولات في دورات الكربون ، والنيتروجين ، والكبريت ، فإن العناصر الأخرى الموجودة بالتربة ، تتعرض أيضا لمجموعة من التحولات البيوكيميائية ، من بناء وهدم ، بتأثير الميكروبات .

فنتيجة للنشاط الميكروبي بالتربة ، وإفرازها للعديد من الأحماض ، فإن الميكروبات المذيبة للفوسفات ، من بكتريا وأكتينومييسيتات وفطريات ، تحول الفوسفور غير الميسر ، المرتبط بأملح الكالسيوم والحديد والألومنيوم ، إلى فوسفور ميسر للنبات

كما ينساب الفوسفور من المركبات العضوية ، مثل الأحماض النووية والفوسفوليبيدات ، بتأثير الميكروبات الهتروتروفية ، نتيجة لمعدنة تلك المواد العضوية . كما تلعب الميكوريزا ، دورا ملموسا ، في إمداد النباتات المتعايشة معها ، بالفوسفور الميسر .

وإضافة إلى ذلك ، فإن البكتريا ، تحول الأكاسيد غير الذائبة للحديد والمنجنيز ، إلى أملاح حديدوز ومانجنوز ذائبة ، وقد يحدث العكس أيضا ، نتيجة لظروف التربة .

Biodegradation of pesticides

تحلل مبيدات الآفات

المبيدات أنواع عديدة ، منها ما يستخدم لمقاومة الحشرات ، أو الفطريات ، أو النيماتودا ، أو الحشائش ، أو غير ذلك من الآفات . وأغلب المبيدات ، عبارة عن مركبات كيميائية عضوية ، قد تحتوى على مركبات حلقة ، أو يدخل فى تركيبها الهالوجينات ، الكبريت ، الفوسفور ، أو النتروجين .

تتجمع المبيدات بالتربة الزراعية ، فإذا لم تتعرض للتحلل ، فإنها تؤثر سلبا على ميكروبات الأراضى ، وتسبب أضرارا للعمليات الحيوية الهامة ، المرتبطة بخصوبة التربة ، كما أنها تسبب تلوثا للبيئة .

تتعرض المبيدات للتحلل الميكروبي ، مع معدنتها وفقد لسميتها . وهى تختلف كثيرا فى معدل تحللها ، فبعضها سريع التحلل ، وبعضها بطيء التحلل جدا ، ويقاوم تأثير الميكروبات لعدة سنوات ، مثل مركبات الهيدروكربون الكلورية Chlorinated hydrocarbons . والتى منها الـ DDT . والجمكسان . وهذه المركبات قد منع استخدامها دوليا ، نتيجة لمقاومتها للتحلل ، مما يؤدى إلى تراكمها بالتربة لفترات طويلة .

وتتوقف أيضا سرعة تحلل المبيد الواحد ، على قوام التربة ، وظروفها البيئية ، من حرارة ورطوبة وتهوية و pH ، مع ملاحظة أن تأثير الميكروبات ، على تحلل المبيدات ، ليس دائما فى صالح تقليل سمية المبيد ، فقد يؤدى النشاط الميكروبي ، إلى زيادة سمية المبيد المستخدم .

تتأثر ميكروبات الأراضى بدرجات مختلفة ، من المبيدات المستعملة . ويتوقف ذلك ، على نوع المبيد ، والمجموعة الميكروبية ، وظروف التربة . فقد وجد ، أن لبعض المبيدات تأثير منشط على ميكروبات الأراضى ، ومنها ما وجد له تأثير مثبط ، والبعض الآخر كان تأثيره محدود . غير أن من أكثر العمليات الحيوية ، التى تتأثر من استعمال المبيدات ، هى عملية التآزوت ، وعملية تثبيت النتروجين تكافليا ، لما لطبيعة الميكروبات التى تقوم بهذه العمليات ، من حساسية لتغير الظروف البيئية ، مقارنة بعمليات أخرى ، مثل النشدة ، التى تقوم بها أنواع عديدة من الميكروبات ، بعضها حساس ، وبعضها قليل الحساسية .

لذلك ، فإنه قبل انخراط مبيد جديد فى التطبيق الزراعى ، يجب دراسة مدى تأثيره على النشاط البيولوجى ، ومدى مقاومته للتحلل ، ومدى تأثيره على تلوث الوسط البيئى .

Biofertilizers

الأسمدة الحيوية

تعتبر كل الإضافات ذات الأصل الحيوى ، التى تعد للنبات النامى بإحتياجاته الغذائية ، تسميدا حيويا Biofertilization ، وتسمى هذه الإضافات ، بالأسمدة الحيوية ، أو باللقاحات الميكروبية Microbial inoculants .

والأسمدة الحيوية ، مصادر غذائية للنبات ، رخيصة الثمن ، اذا ما قورنت بالأسمدة المعدنية . وهى تنتج من الكائنات المجهرية ، وذلك بإختيار الميكروب المطلوب ، وإكثارة فى مزارع ملائمة ، ثم نقل النمو ، إلى حامل مناسب Carrier ، حيث يحفظ تحت ظروف تخزين ملائمة ، لحين استعماله كلقاح للبذور ، أو التربة .

ومن أمثلة الأسمدة الحيوية ، ذات الأهمية الإقتصادية الكبيرة ، على الإنتاج الزراعى

١- اللقاحات المثبتة للنيتروجين الجوى ، ومنها

لقاحات الرايزوبيا للبقوليات ، ولقاح الأزوتوباكتر ، ولقاح الآزوسبيريللوم للنجيليات ، ولقاح الفرانكيا لغير البقوليات ، ولقاحات السيانونوبكتريا والأزولا لمزارع الأرز .
يجرى منذ سنوات طويلة ، تسويق بعض هذه اللقاحات ، على نطاق تجارى ، فى بلاد عديدة .

٢- اللقاحات المعنية للفوسفات

تلعب هذه اللقاحات ، دورا هاما فى تيسير فوسفور التربة للنبات ، ومن هذه اللقاحات

لقاح البكتريا *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* المذيب للفوسفات (ويسمى هذا اللقاح عادة ، فسفوباكترين Phosphobacterin) ، ولقاح فطريات الميكوريزا ، التى تفيد الكثير من المحاصيل ، خاصة فى المناطق الحارة ، التى تعاني تربتها من نقص شديد ، فى محتواها من الفوسفات الميسر .

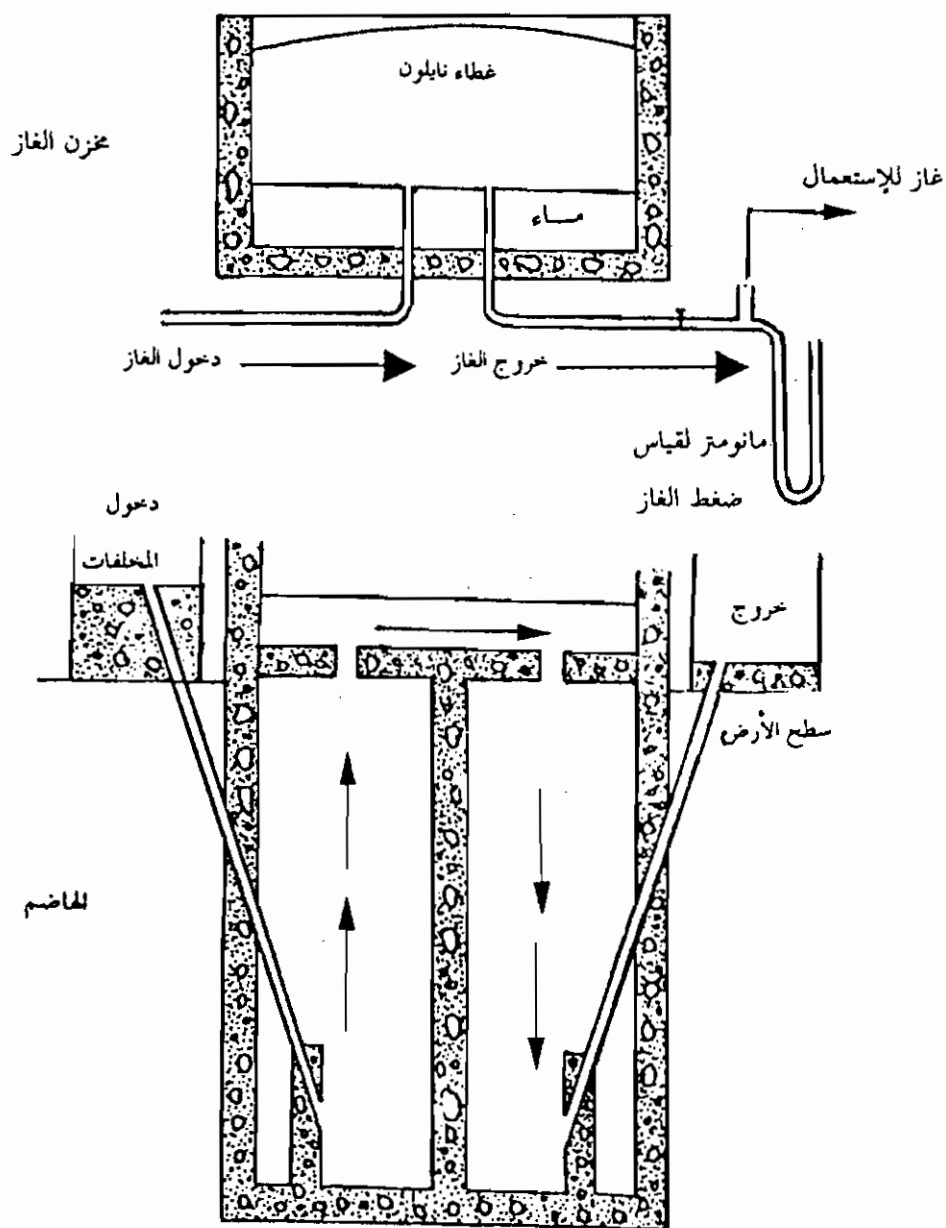
وبالإضافة إلى ماتقوم به اللقاحات السابقة ، من إغناء للتربة بالنتروجين ، أو تيسير للفوسفات ، فإنها تفرز موادا منشطة لنمو النبات ، من اكسينات ، وفيتامينات ، ومواد شبيهه ، تساعد على إنبات البذور ، ونمو الجذور ، كما أنها تفرز الكثير من المواد المثبطة ، للفطريات المرضية .

إنتاج الغاز الحيوى - البيوجاز Biogas Production

الغاز الحيوى ، أحد الوسائل الهامة ، الممكن استخدامها كبديل لمصادر الطاقة التقليدية ، خاصة فى المناطق الريفية ، فهو يعتبر ، بالإضافة إلى الطاقة المستمدة ، من الشمس والرياح والأمواج ، من الطاقات البديلة المتجددة ، كما يعتبر الغاز الحيوى أيضا ، أحد الوسائل التكنولوجية الحديثة ، المستعملة فى تدوير recycling المخلفات العضوية .

وينتج الغاز الحيوى بواسطة الميكروبات ، اثناء نشاطها وتحليلها للمواد العضوية ، من مخلفات أدمية وحيوانية ونباتية . والغاز الناتج نتيجة التخمر ، هو خليط من غاز الميثان القابل للإشتعال (حوالى ٦٠%) ، وثانى أكسيد الكربون الغير قابل للإشتعال (حوالى ٤٠%) ، مع نسبة قليلة من غازات أخرى (لاتزيد عن ٥%) ، من الإيدروجين ، وكبريتور الإيدروجين ، والنتروجين ، وأول أكسيد الكربون ، وثانى أكسيد الكبريت .

يتم انتاج الغاز الحيوى ، فى وحدات خاصة (شكل ٥-١٤) ، تقام قرب أماكن توفر المخلفات العضوية . وتتكون الوحدة من هاضم Digester ، وهو الجزء الأساسى بالوحدة ، ويبنى تحت سطح الأرض ، بحجم مناسب ، وفيه توضع المخلفات ، وتتم عملية التخمر الميكروبية . وتتجمع الغازات الناتجة من الهاضم ، فى مخزن لتجميع الغازات Gas-holder ، ومن هذا المخزن ، يوجه الغاز إلى أماكن الإستعمال .



Digester and gas holder

Digester and gas holder

شكل ١٤-٥ : مقطع فى الهاضم ومخزن لجميع الغازات

قد يقام مجمع الغازات ، فوق سطح الأرض ، كما فى النظام الهندى ، أو تحت سطح الأرض ، كما فى النظام الصينى .

قد تصل مدة التخمر إلى أسبوعين ، أو أكثر ، وهى تتوقف على مجموعة من العوامل ، منها طبيعة المخلفات المضافة ، ودرجة التخفيف ، والتقليب ، ومدى توفر الظروف المناسبة لنشاط الميكروبات ، من حرارة ، وتركيز إيدروجين ، وظروف لاهوائية ... الخ .

وينتج الغاز الحيوى من المخلفات العضوية ، نتيجة لتعايش ، وتتابع مجموعة كبيرة من الميكروبات ، وتبدأ خطوات التحلل الأولى ، تحت ظروف هوائية ، فتنحلل المواد العضوية المعقدة ، إلى مواد بسيطة ، مثل السكريات ، والأحماض الأمينية ، والدهون ، والجليسرول . وباستمرار التحلل ، يقل الأكسجين بالوسط تدريجيا ، وتنشط البكتريا الإختيارية ، ثم اللاهوائية ، مثل

Bacillus , Clostridium , Bacteroides , Ruminococcus ...

وتتكون أحماض عضوية قصيرة السلسلة ، مثل الفورميك ، والخليك ، والبروبيونيك ؛ وكحولات بسيطة ، مثل الإيثانول ، والميثانول ، والبروبانول ؛ وغازات ، مثل الإيدروجين ، وثانى أكسيد الكربون ، والأمونيا .

وبسيادة الظروف اللاهوائية ، تنشط البكتريا المنتجة لغاز الميثان *Methanogenic bacteria* ، كتلك التابعة لأجناس

Methanobacterium , Methanomicrobium , Methanococcus , Methanospirillum

فتتحلل المركبات الوسطية السابق تكونها ، وينتج خليط من غاز الميثان وثانى أكسيد الكربون ، المعروف بالغاز الحيوى .

يستعمل الغاز الحيوى الناتج ، كبديل لمصادر الطاقة التقليدية ، فى الإنارة والطهى ، والتدفئة ، وتوليد الكهرباء . ويستفاد من مخلفات التخمر الصلبه والسائلة ، كسماد عضوى للأراضى ، لأنها مخلفات غنية فى محتواها من النتروجين ، والفوسفور ، والعناصر الأخرى .

وإضافة إلى ذلك ، فإن تجميع المخلفات النباتية ، والحيوانية ، والأنمية ، وتخميرها لإنتاج البيوجاز ، يؤدي إلى رفع المستوى الصحى ، خاصة فى الأرياف . ويحدث ذلك ، نتيجة التخلص الصحى من المخلفات ، الذى يوقف انتشار الذباب والبعوض ، ويحد من التلوث الميكروبي ، ويمنع إنتشار الأمراض .

المراجع

سعد على زكى محمود ، عبد الوهاب محمد عبد الحافظ ، محمد الصاوى محمد مبارك (١٩٨٨) . ميكروبيولوجيا الأراضى ، مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة .

References

- Alexander, M. (1977). Introduction to soil microbiology. 2nd Ed., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Brock, T.D.; D.W. Smith and M.T. Madigan (1984). Biology of microorganisms. 4th Ed., Printice-Hall Inc., London.
- Gray, T.R.G. and D. Parkinson (eds.) (1968). The ecology of soil bacteria. Toronto Univ. Press, Toronto, Canada.
- Subba Rao, N.S. (ed.) (1982). Advances in agricultural microbiology. Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, India.

ميكروبيولوجيا الأغذية

■ مقدمة

■ تلوث الأغذية

■ المحتوى الميكروبي للأغذية الطازجة

■ حفظ الأغذية

■ طرق الحفظ

١- إبعاد أو منع تلوث الغذاء

٢- الحرارة المنخفضة

٣- الحرارة المرتفعة

٤- التجفيف

٥- التجميد

٦- المواد الحافظة

٧- الإشعاع

■ فساد الأغذية

أنواع الفساد بالأغذية الخام (جدول ٣-٦)

أنواع الفساد بالأغذية المجهزة ، غير المعلبة (جدول ٤-٦)

فساد الأغذية المعلبة

■ التسمم الغذائي

■ الأمراض التي تسببها الأغذية

■ الأغذية المتخمرة

■ البروتين الميكروبي

■ المراجع

الفصل السادس

ميكروبيولوجيا الأغذية Food Microbiology

مقدمة

ترتبط الميكروبات بطرق متعددة ، بكل الأغذية التي نتناولها ، مسببة لها تغيرات قد تكون مفيدة ، وقد تكون غير مرغوب فيها ، فتؤثر بذلك ، على نوع الغذاء ، وكميته ، ومدى الاستفادة منه .

وتحتوى الأغذية من مصادرها الطبيعية ، على بعض الميكروبات ، كما أنها تتعرض للتلوث أثناء التداول ، فيزداد محتواها الميكروبي ، وتنمو وتتكاثر الميكروبات بالغذاء ، الذى يعمل كبيئة لهذه الميكروبات ، فتسبب تحلل الأغذية وفسادها ، كما تنتقل الميكروبات المرضية عن طريق الأغذية ، فتسبب أمراضا للمستهلك ، أو تفرز سموما ، تسبب تسممات غذائية .

وعلى الجانب الآخر ، تستعمل الميكروبات فى إعداد وتجهيز بعض الأغذية : كالخبز ، وفى صناعة المنتجات اللبنية ، كالجبن والألبان المتخمرة ، وفى إنتاج المخللات والمشروبات الكحولية ، وفى حفظ العلف الأخضر كالسيلاج ، وفى إنتاج البروتين الميكروبي .

Food contamination**تلوث الأغذية**

تتعرض الأغذية للتلوث ، من مصادر عديدة ، قد تكون مصادر طبيعية ، كالحقل ، والهواء ، والمياه ، والحيوانات ، ومخلفات المجارى ، أو أثناء التداول ، والنقل ، ومعاملات التصنيع . وعلى ذلك ، فإن أنواع وأعداد الميكروبات ، الموجودة بالمادة الغذائية ، يحدد قابلية المادة الغذائية للحفظ ، ومدى ونوع وسرعة الفساد ، الذى تتعرض له ، ونوع المعاملة المطلوبة لحفظها .

المحتوى الميكروبي للأغذية الطازجة**Microbial flora of fresh foods**

تعتبر الأنسجة الداخلية ، للنباتات والحيوانات السليمة ، خالية من الكائنات المجهرية ، ومع ذلك ، فإننا نجد أن الأسطح الخارجية للخضر والفاكهة ، واللحوم ، والأسماك ، وغيرها ، ملوثة بميكروبات عديدة . ومقدار هذا التلوث الميكروبي ، هو إنعكاس لعوامل عديدة ، منها : الميكروبات الموجودة فى الوسط الذى أخذ منه الغذاء ، حالة الغذاء الخام ، طريقة التداول ، مدة وظروف التخزين .

وجود أعداد كبيرة من الميكروبات بالغذاء الطازج ، يعنى ان تغيرات غير مرغوب فيها حدثت بالغذاء ، وان الغذاء أصبح قابلا للتلف ، لذلك ، فإنه من الضرورى ، أن نقلل بقدر الإمكان ، من حدوث التلوث الميكروبي ، بالأغذية الطازجة .

الخضروات والفواكه

تتعرض الخضروات والفواكه ، للتلوث بالبكتريا ، والفطريات ، والفيروسات . ويتوقف مدى الفساد ، على مدى إصابه الأنسجة الداخلية بالميكروبات . ويحدث ذلك ، أثناء نمو النبات بالحقل ، أو أثناء الحصاد اليدوى أو الآلى ، أو التداول ، التى تسبب جروحا وتمزقا للأنسجة ، مما يسهل غزو الميكروبات ، من السطح الخارجى ، إلى الأنسجة الداخلية .

يتراوح الرقم الإيدروجينى (pH) ، للخضر من ٥ إلى ٧ ، لذلك فهى أكثر ملاءمة للإصابة بالبكتريا عن الفواكه . أما الفواكه ، وهى ذات حموضة أعلى من الخضر ، ويتراوح رقمها الإيدروجينى بين ٢,٣ بالموايح ، الى ٥- ، فى الموز ، فإنها تكون أكثر تعرضا للإصابة بالفطريات .

اللحوم

تتعرض الأنسجة الداخلية ، للحوم الطازجة ، للتلوث من السطوح الخارجية ، وذلك عند تقطيع اللحم ، من السكاكين ، ومن الوسط المحيط ، وأثناء النقل ، والتداول . كما يحدث التلوث أثناء نزع الأحشاء الداخلية والأمعاء ، الغنية بالميكروبات . ويناسب تركيب اللحم ، نمو البكتيريا ، ومن مجاميع البكتيريا ، الشائع وجودها باللحوم الطازجة

Pseudomonads , Staphylococci , Enterococci & Coliforms .

كما أن حفظ اللحوم الطازجة على درجات الحرارة المنخفضة ، يشجع نمو البكتيريا المحبة للبرودة .

تتلوث أنسجة الدواجن الداخلية ، من السطح الخارجى ، أثناء الذبح ، ونزع الريش ، وإزالة الأحشاء ، وتعتبر السيدومونادات ، أكثر الميكروبات تواجدا على جلد الدواجن الطازجة ، المذبوحة حديثا .

الأسماك والأغذية البحرية

الطبقة اللزجة الخارجية للأحياء البحرية ، غنية بالميكروبات الموجودة بالوسط المائى الذى تعيش فيه ، وتنتقل هذه الميكروبات إلى الأنسجة الداخلية ، أثناء التنظيف ، ونزع الأحشاء الداخلية . وتزداد حدة التلوث ، إذا كانت المياه التى تعيش فيها تلك الأحياء ، ملوثة بمخلفات المجارى ، وفى هذه الحالة ، فإن الأغذية البحرية ، تكون وسيلة لنقل الميكروبات المرضية ، كالبكتيريا ، التى تسبب الاضطرابات المعوية ، والفيروسات ، التى تسبب الإلتهاب الكبدى الوبائى ، وشلل الأطفال .

البيض

المحتويات الداخلية ، للبيض السليم الطازج ، عادة خالية من الميكروبات . وتدخل الميكروبات ، كالبكتيريا ، والفطر ، إلى داخل البيضة ، من خلال شروخ القشرة ، التى تحدث أثناء التداول ، والنقل ، والتخزين ، أو تدخل الميكروبات من الثقوب الموجودة بالقشرة الكلسية ، التى تتفتح بسبب بلل البيض ، أو غسيله بالماء .

Food Preservation

حفظ الأغذية

يسعى الإنسان منذ سنوات عديدة ، لحفظ الأغذية ، بهدف منع النمو الميكروبي بها ، وإيقاف حدوث التغيرات غير المرغوبة فيها ، ليصبح الغذاء أقرب ما يمكن من حالته الطبيعية ، لاستخدامه فى الأوقات التى يقل فيها ، أو لنقله الى مسافات بعيدة ، لمناطق تحتاج إليه ، بعيدة عن أماكن إنتاجه.

تعتمد كل طرق الحفظ ، على واحد أو أكثر ، من الأسس التالية

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1- إبعاد أو منع التلوث | Asepsis |
| 2- تثبيط النمو الميكروبي | Microbistatic action |
| 3- قتل الميكروبات | Microbicidal action |

يحدد طريقة الحفظ المناسبه ، نوع الغذاء ، والظروف الموجود عليها، ويستحسن استخدام ، أكثر من طريقة لحفظ الغذاء الواحد ، حيث أنه نادرا ماتوجد طريقة واحدة ، تكون مناسبه وكافية ، من جميع الوجوه .

كما يجب أن يوضع فى الاعتبار ، أن طرق الحفظ ليست بديلا عن النظافة . فالمادة الخام ، منذ أخذها من مصادرها ، حتى تقديمها للمستهلك طازجة أو مصنعه ، يجب أن يراعى فى إنتاجها ، وجمعها ، وتداولها ، كل الشروط الصحية الممكنة ، وتجنب تلوثها بقدر الإمكان .

طرق الحفظ

من الطرق الهامة المستخدمة فى حفظ الأغذية

- 1- إبعاد أو منع تلوث الغذاء بالميكروبات أثناء التناول والتصنيع
Aseptic handling and processing

تتعرض الأغذية منذ إنتاجها ، من مصادرها الطبيعية ، حتى تناولها طازجة ، أو إعدادها لعمليات التصنيع ، لمجموعة من عمليات التداول ، تؤدي إلى زيادة التلوث . وعلى ذلك ، فإن المحافظة على الغلاف ، أو القشرة الخارجية للغذاء سليمة (كما فى حالة الخضر ، والفواكه ، والبيض ، وجلد الحيوان) ، والتداول السليم ، وإتباع الأصول الصحية عند غسيل الغذاء ، وتقطيعه ، واعداده للتصنيع ، وعمليات اللف والتعبئة الجيدة ، يزيد من فترة حفظ المنتجات الغذائية .

Low temperature

٢- الحرارة المنخفضة

الأساس فى هذه الطريقة ، هو إبطاء النمو والنشاط التمثيلى للميكروبات ، نتيجة خفض درجة الحرارة إلى الصفر المئوى ، أو إلى أقل من ذلك . ويتميز الحفظ بالتبريد ، بأنه يحفظ للغذاء شكله وتركيبه ، بدرجة أكبر من أية طريقة حفظ أخرى .

والحفظ بهذه الطريقة مؤقت ، فالحرارة المنخفضة ، تقلل من نشاط الإنزيمات ، ومن نمو ونشاط الميكروبات ، ولكنها لا تقتل الميكروبات ، وكلما زاد الإنخفاض فى درجة الحرارة ، كلما أبطأت هذه الأنشطة الحيوية . وعند الصفر المئوى ، يقف تقريبا نمو أغلب الميكروبات ، ولكن الميكروبات المحبة للبرودة ، تستطيع أن تستمر فى النمو .

ومن أمثلة الميكروبات ، التى تستطيع النمو على درجات حرارة منخفضة ، أقل من الصفر المئوى ، وقد تسبب فسادا للأغذية

١- الفطريات ، مثل : *Cladosporium* , *Monilia* , *Penicillium* , *Sporotrichum*

٢- الخمائر ، مثل : *Torulopsis*

٣- البكتريا ، مثل : *Achromobacter* , *Alcaligenes* , *Flavobacterium* , *Micrococcus* , *Pseudomonas*.

ونظرا لأن إنزيمات الغذاء ، تستمر فى نشاطها ، بمعدل بطيء ، على درجة حرارة التجميد ، فإن الخضروات تسلق غالبا قبل تجميدها ، لتثبيط ما بها من إنزيمات ، لمنع فساد الخضار بالإنزيمات .

وقد انتشرت طريقة الحفظ بالحرارة المنخفضة ، كثيرا فى السنوات الأخيرة ، مع تقدم تكنولوجيا التبريد . فباستخدام الوسائل الحديثة من التبريد والتجميد ، فى الثلجات المنزلية ، وثلجات المخازن ، وعربات النقل والسكك الحديدية والبواخر ، أصبح من الممكن ، حفظ ونقل الأغذية المجمدة ، بما فى ذلك السريعة التعرض للفساد ، لمدد طويلة ولمسافات بعيدة . وأصبح من المتاح الآن ، أن نوفر للأسرة العاملة ، الوجبات المجهزة ، المجمدة ، المعدة للإستهلاك الفورى ، بعد تدفئة بسيطة . *Precooked , frozen , ready-to-serve, foods* .

طرق الحفظ بالحرارة المنخفضة

قد يتم حفظ بعض الأغذية ، فى جو منخفض الحرارة ، أى أعلى من الصفر المئوى (10°C - 15°C) ، ولكن أقل من درجة حرارة الجو العادى ، فى بروج أو قبو ، بعيدا عن الحرارة المباشرة Cellar storage ، كما يتبع فى حفظ الأغذية الدرنيه ، كالبطاطا ، والبطاطس ، وبعض أنواع الفواكه ، والحفظ بهذه الطريقة يكون لمدة محدودة .

وقد تحفظ بعض الأغذية بالتبريد Chilling ، أى عند درجة قريبة من الصفر المئوى (3°C - 5°C) ، باستخدام الثلج ، أو الثلجات الكهربائية ، لحفظ البيض ، ومنتجات الألبان ، والفواكه والخضر . ومدة الحفظ بهذه الطريقة محدود أيضا ، ولكنها تمتاز عن الحفظ بالتجميد ، بأنها لاتؤثر كثيرا على تركيب ، وطعم ، وطزاجة الغذاء .

من الطرق الواسعة الانتشار الآن ، الحفظ بالتجميد Freezing ، عند درجة حرارة أقل من الصفر المئوى ، باستخدام المجمدات Freezers . وفى هذه الطريقة ، يجمد الغذاء ، مع الاحتفاظ به فى حالة مجمدة لحين الإستعمال . وتستخدم الآن ، هذه الطريقة بنجاح ، فى حفظ كثير من الأغذية ، كالخضروات ، والفواكه ، واللحوم ، والأسماك .

وتفضل طريقة التجميد السريع للغذاء Quick-freezing method ، عند -32°C أو أقل ، لمدة أقل من ساعة ، عن التجميد البطيء Slow - freezing method ، عند حرارة أعلى من -18°C ، ولمدد تصل لعدة ساعات (3 - 72 ساعة) ، لأن البلورات الثلجية المتكونة بالغذاء ، ستكون صغيرة فى حالة التجميد السريع ، وبالتالي ، فإن تمزق الأنسجة سيكون أقل عن الأغذية ذات التجميد البطيء ، التى يتكون بها بلورات ثلجية كبيرة ، تؤدى إلى تمزق كثير من الأنسجة ، فتظهر عند تسييحها ، أقل نضارة ، وتكون أسرع فسادا .

عموما ، فإن الأغذية المجمدة ، بعد إخراجها من الثلاجة ، وتسييحها Thawing ، تفسد بسرعة أكبر ، من الأغذية الطازجة .

بعد التجميد ، يحفظ الغذاء المجمد لحين الإستعمال ، بالثلاجات عند -18°C إلى -2°C ، حيث يقف تقريبا النمو الميكروبي . ويجب تجنب التخزين لمسد طويلة ، مع ملاحظة أن التجميد ، مهما كانت درجة الحرارة المستعملة

منخفضة ، لا يؤدي إلى قتل الميكروبات ، ومنها المرضية كالسالمونيلا ، وإن كان عندها يقل قليلا .

لذلك ، فإن تقليل التلوث الميكروبي للأغذية ، قبل تجميدها ، يعتبر أمرا ضروريا . كما قد تسلق الأغذية ، لعدة دقائق قبل تجميدها ، لتثبيط ما بها من إنزيمات ، التي قد تسبب فسادا للأغذية على درجات الحرارة المنخفضة.

٣- الحرارة المرتفعة High temperature

تؤدي الحرارة المرتفعة ، إلى قتل الميكروبات ، بتخثيرها ، أو إتلافها لإنزيمات ، وبروتوبلازم الخلايا الميكروبية . وهي بذلك ، تعتبر من الطرق الآمنة في حفظ الأغذية ، حيث أنها تؤدي إلى تعقيم الغذاء ، أو تقليل محتواه الميكروبي ، مع التخلص من الميكروبات المفسدة ، والممرضة .

تستعمل طريقة الحفظ بالحرارة المرتفعة ، في حفظ الأغذية المعدة بالمنزل ، وفي الأغذية المبسترة ، والأغذية المعلبة ، كالخضروات والفواكه واللحوم ، وهي الأغذية المحفوظة ، في أوعية محكمة القفل ، تمنع دخول الميكروبات إلى الغذاء ، بعد تصنيعه .

تتوقف المعاملة الحرارية الناجحة ، على توفر معلومات ، عن نوع الغذاء ، وتركيبه ، وظروف الوسط من لزوجة وحموضة ، ومقاومة الميكروبات للحرارة ، خاصة الجراثيم ، والوقت المميت للميكروبات المفسدة ، وسرعة نفاذية الحرارة بالغذاء ، وحجم وعاء التعليب .

ومن المعاملات الحرارية المستخدمة في حفظ الأغذية

أ- البسترة Pasteurization

في هذه المعاملة ، تستخدم درجة حرارة أقل من 100°C ، لمدة مناسبة ، ومعاملة البسترة لا تؤثر على قيمة المادة الغذائية ، ولكنها تعتبر كافية لقتل الميكروبات المرضية ، والخضرية ، ولكنها غير كافية لقتل الجراثيم ، والميكروبات المقاومة للحرارة ، لذلك ، فإنه غالبا ما تحفظ الأغذية بعد بسترتها ، على درجة حرارة منخفضة ، لإطالة مدة حفظها .

وتستخدم البسترة فى الأغذية ، التى تقل قيمتها الغذائية بالغليان مثل ، اللبن ، والمنتجات اللبنية ، وعصير الفواكه ، والأغذية المتخمرة كالخل ، والبيرة ، والنبيذ .

Boiling

ب- الغليان

تستعمل هذه المعاملة ، فى الأغذية التى تتحمل الغليان (حوالى 100°C) ، والتى يكون احتمال فسادها بالميكروبات المتجرشة قليل . لذلك ، فهى منتشرة فى حفظ الأغذية الحامضية ، كعصير الطماطم والمربات ، وفى الأغذية المعدة بالمنزل .

ولإطالة مدة حفظ الأغذية المطبوخة بالمنزل ، وهى مازالت تحتوى على جراثيم ، تستعمل طريقة مكملة للحفظ بعد الغليان ، مثل الحفظ بالتبريد .

Canning

ج - التعليب

هذه الطريقة ، من الطرق الشائعة الإستعمال فى الحفظ ، وإن لم تكن أفضلها ، لحدوث تغيرات فى مظهر بعض الأغذية .

والتعليب هو حفظ الأغذية ، فى أوعية محكمة القفل ، بعد المعاملة الحرارية على درجة حرارة أعلى من 100°C . ويستعمل فى ذلك ، معقمات البخار المضغوط . وتختلف المعاملة الحرارية للغذاء ، أى المدة ، ودرجة الحرارة المستعملة فى التعقيم (وهذه تتراوح من 100°C إلى 121°C) ، حسب ظروف الغذاء ، وتحمله للحرارة ، وكثافة وأنواع ، ما يحمله من ميكروبات.

تؤثر حموضة الغذاء ، على المعاملة الحرارية (درجة الحرارة والمدة) ، حيث أن الحموضة ، تساعد على قتل الميكروبات . فعند تعليب عصير الطماطم مثلاً ، وهو غذاء حامضى ، لا يحتاج الأمر لأكثر من الغليان ، على درجة 100°C لدقائق محدودة ، بينما يستعمل التعقيم بالبخار المضغوط (121°C) ولمدة أطول ، للأغذية المعلبة منخفضة الحموضة كاللحوم .

والجدول (٦-١) ، يوضح أقسام الأغذية ، من حيث درجة حموضتها . ولكل قسم معاملاته الحرارية ، ونوع الفساد الخاص به .

جدول ٦-١ : حموضة بعض الأغذية

أمثلة لبعض الأغذية	الرقم الإيدروجيني	تقسيم الأغذية من حيث الحموضة*
		حامضية
المخللات ، الموالح ، العنبيات ، كالكريز ، والفراولة .	٢,٥ - ٣,٥	عالية الحموضة
عصير الطماطم ، وأغلب الفواكه .	٣,٥ - ٤,٥*	حامضية
		غير حامضية
بعض الخضر ، كالجزر ، والبنجر ، والسبانخ ، والكوسه ، والأسبرجس .	٤,٥ - ٥,٥	متوسطة الحموضة
أغلب الخضر ، اللحوم ، الأسماك ، الدواجن ، اللبن ، والبيض .	٥,٥ - ٧,٥**	منخفضة الحموضة

* عند pH ٤,٥ ، يكون الطعام حامضيا بالقدر الكافي ، الذي يحد من نمو الكائنات الدقيقة ، لذلك أخذت هذه الدرجة كأساس لتقسيم الأغذية ، إلى حامضية (pH أقل من ٤,٥) ، وغير حامضية (pH أكثر من ٤,٥) .

** بعض الأغذية ، مثل منقوع العرقسوس Liqurice ، يصل بها الـ pH إلى - ٩ ،

يلجأ صانع الأغذية ، إلى التعقيم التجارى Commercial sterilization (وليس التعقيم البكتريولوجى) ، بإستخدام المعاملة الحرارية ، التى تكفى لقتل الميكروبات المفسدة والممرضة ، وفى نفس الوقت ، لا تسبب ضررا بخواص الغذاء . لذلك ، قد تحتوى الأغذية المعلبة ، على جراثيم بكتريا محبة للحرارة المرتفعة ، ولكن ظروف التخزين عند درجات الحرارة العادية ، لاتسمح لها بالنمو وإحداث الفساد . غير أنه تحت جميع الظروف ، فإن المعاملة الحرارية ، خاصة للأغذية غير الحامضية ، يجب أن تكون كافية لقتل جراثيم البكتريا اللاهوائية *Clostridium botulinum* ، المسببة للتسمم البوتشولينى المميت . وأشد أنواع جراثيمها مقاومة للحرارة ، تقتل عند درجة ١٢١°م لمدة ١٥ ق ، عند pH - ٧ .

التفصيلات الخاصة بخطوات التعليب ، تختلف باختلاف الغذاء ، ولكنها عموماً ، تتضمن الخطوات العامة التالية :

تدريج الغذاء ، الغسيل ، السلق ، ملأ العلب ، التسخين لطرد الهواء من العلب ، قفل العلب ، المعاملة الحرارية للغذاء المعلب ، التبريد السريع بعد المعاملة الحرارية ، وضع أوراق البيانات على العلب ، ثم التخزين لحين التسويق .

ويتم تعليب الأغذية في علب صفيح ، أو في عبوات بلاستيك ، تتحمل حرارة التعقيم العالية ، وهذه العلب مصنوعة من طبقات منمجة ، وبها طبقة من رقائق الألومنيوم ، لتكون حاجلاً للغازات والرطوبة . والأنواع الأكثر استعمالاً الآن ، هي الأكياس القابلة للإلتئام ، وتغلق هذه الأكياس بعد الملأ ، بصهر طبقة البلاستيك الداخلية بالحرارة ، في جهاز القفل .

تعامل الأغذية المعلبة حرارياً ، إما بطريقة الدفعات Batches ، في معقمات عند درجة ١٠٠°م ، للأغذية الحامضية ، أو عند درجة ١١٥ - ١٢١°م للأغذية غير الحامضية ، أو تعامل العلب بالطريقة المستمرة Continuous ، وفيها تدخل العلب في ماكينات ، وتعامل ببخار الماء المضغوط .

في التعليب المنزلي Home canning ، تسخن العلب ، بغمسها في ماء مغلي ، أو بوضعها في الأفران الحرارية ، أو بوضعها في حلة البخار المضغوط Pressure cooker .

الأغذية الحامضية المعلبة منزلياً ، يمكن حفظها بنجاح بعد تعقيمها ، باستعمال الماء المغلي ، أو الأفران . أما الأغذية غير الحامضية ، فيلزم لتعقيمها درجة أعلى من ١٠٠°م ، وهذه يمكن الوصول إليها باستعمال حلة البخار المضغوط . والهدف من ذلك ، هو ضمان قتل ميكروب Clostridium botulinum ، السابق الإشارة إليه .

Dehydration

٤- التجفيف

يعتبر الحفظ بالتجفيف ، من أقدم الطرق ، كما أنه أكثر شيوعاً حتى عن الحفظ بالتجميد . والتجفيف يقلل من نسبة الماء بالمادة الغذائية ، فتصبح غير صالحة لنمو الميكروبات ، فيقل ، أو يقف نشاط الميكروبات ، بون أن تموت . ولذلك يشترط فى الأغذية المعدة للتجفيف ، أن تكون خالية من الميكروبات المرضية ، وبعد تجفيفها ، تحفظ فى مكان غير رطب ، ويحافظ عليها من التلوث ثانية .
ويستخدم التجفيف ، فى حفظ بعض أنواع الخضر ، والفواكه ، والألبان ، واللحوم ، والأسماك ، والبيض .

تزال الرطوبة من الأغذية بطرق متعددة ، منها التعريض للهواء والشمس *Open - air drying* ، أو بإستعمال طرق وأجهزة مناسبة ، مع التحكم فى درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء . ومن هذه الطرق :
- استعمال تيار من الهواء الساخن *Hot - air drying* ، يمرر خلال الطعام ،
- أو بإمرار الغذاء على أسطوانات ساخنة *Drum drying* ،
- أو رش المادة الغذائية السائلة ، فى حجرات ساخنة مفرغة من الهواء *Spray - drying* .

يختلف الحد الأدنى من كمية الماء ، الواجب وجودها فى المادة الغذائية ، حسب الميكروبات المختلفة . ويعبر عن الرطوبة بإستعمال تعبير النشاط المائى (ن م) *Water activity, Aw* ، وهو عبارة عن النسبة ما بين

الضغط البخارى للمحلول ، أى للمواد الذائبة فى ماء البيئة

الضغط البخارى للماء ، أى للمذيب

وبذلك ، فإن (ن م) ، تعبر عن كمية الماء الحر الموجود بالبيئة ، أو المادة الغذائية ، وهى $= 1$ بالنسبة للماء النقى . أما بالنسبة للأحياء الدقيقة ، فإن الحد الأدنى من (ن م) ، اللازم لنموها ، هو

البكتريا العادية ٠,٩١ ، البكتريا المحبة للملوحة ٠,٧٥ ،
الخمائر العلية ٠,٨٨ ، الخمائر المحبة للضغط الأسموزى ٠,٦٠ ،
الفطريات العادية ٠,٨١ ، الفطريات المحبة للجفاف ٠,٦٥ .

عموماً ، فإن معظم الكائنات الدقيقة تقف عن النمو ، إذا نقصت (ن م) الوسط ، عن ٧,٠ ، أو إذا نقص المحتوى الرطوبى للمادة عن ١٠ - ١٥ ٪ .

من مميزات التجفيف ، أن مدة الحفظ به طويلة ، وأنه يقلل من حجم ووزن الغذاء ، فتسهل عمليات التخزين والنقل ، كما انه أقل تكلفه ، عن طرق الحفظ الأخرى . ولكن من عيوبه ، أنه قد يغير إلى حد ما من صفات الغذاء ، فى الطعم والقوام ، ويسبب فقداً لبعض الفيتامينات ، كما أن الغذاء المجفف ، يحتاج إلى النقع فى الماء لمدة طويلة ، قبل التناول .

المحاليل المركزة

الحفظ بالمحاليل المركزة ، صورة من صور الحفظ بالتجفيف ، حيث أن كمية الماء الحر الموجود بالغذاء ، يصبح فى صورة غير ميسرة للميكروبات ، نتيجة وجود نسبة عالية من الغرويات ، أو المواد الذائبة كالسكر ، والملح ، التى ترتبط بالماء . كما أن زيادة الضغط الأسموزى للمحلول ، يؤدى إلى وقف نشاط الميكروبات ، وربما إلى موتها ، بسبب بلزمة الخلايا الميكروبية .

المحلولين المستعملين فى الحفظ ، هما المحلول السكرى ، بنسبة حوالى ٧٠ ٪ ، والمحلول المالح بنسبة حوالى ١٥ ٪ . ويستعمل المحلول السكرى فى حفظ الشربات ، المربى ، الفواكه ، اللبن المكثف المحلى . ويستعمل المحلول المالح فى حفظ الأسماك المملحة ، والمخللات . وملح الطعام ، بالإضافة إلى تأثيره فى التجفيف ورفع الضغط الأسموزى ، فقد يكون له تأثير آخر ، بإعتباره مادة كيميائية حافظة .

٥- للتجفيد Lyophilization , Freeze - drying

هذه الطريقة ، تجمع بين التجميد والتجفيف ، حيث تجمد المادة تجميداً سريعاً ، ثم تجفف بالتسامى تحت تفريغ ، وتصل نسبة الرطوبة فى المنتج النهائى لأقل من ٥,٠ ٪ . والمادة المعاملة بهذه الطريقة ، يمكن حفظها لمدة طويلة جداً ، تصل لعدة سنوات ، كما فى حالة حفظ المزارع البكتيرية . ويراعى فى المنتجات المحفوظة بهذه الطريقة ، نفس ما اتبع فى حفظ الأغذية بالحرارة المنخفضة ، أو التجفيف ، بأن تكون الأغذية نظيفة ، خالية من الميكروبات المرضية ، وروعت الشروط الصحية فى إنتاجها .

٦- المواد الحافظة Preservatives

تعمل المواد الحافظة بالأغذية ، على منع أو تأخير ، نمو الميكروبات بها . وهذه المواد قد تضاف للغذاء ، أو تتكون به أثناء إعداده . والمواد الحافظة ، التي تتكون ببعض الأغذية أثناء إعدادها ، تتكون نتيجة لنشاط الميكروبات ، كما يحدث فى عمليات التخمر ، والتي من أمثلتها المخللات ، والألبان المتخمرة ، والسيلاج ، حيث يتكون أثناء التخمر الميكروبي ، أحماض اللاكتيك ، والبروبيونيك ، والخلليك ، التي تساعد على حفظ الغذاء .

أما المواد الحافظة ، التي تضاف للغذاء ، فهي عديدة ، ويشترط فى هذه المواد ، أن تكون غير ضارة بصحة المستهلك .
من المواد العضوية التي تضاف : حامض السوربيك ، والبروبيونيك (بتركيز ١ - ٥ فى الألف) لتثبيط نمو الفطريات بالخبز ، والبنزويك (بنسبة ١ فى الألف) ، للشربات ، وعصير الفواكه ، والمربيات .
ومن المواد المعدنية المضافة : كلوريد الصوديوم فى المخللات ، والأغذية المملحة ، والنترات والنتريت لحفظ اللحوم ، والمحافظة على لونها الأحمر .
ولن كان إستعمال النترات والنتريت ، يقابل بإعتراضات كثيرة ، لتأثيرهما المطفر ، على خلايا المستهلك .

ويجب أن يوضع فى الإعتبار ، أن المواد الحافظة ، ليست بديلا عن النظافة ، فالمادة الخام منذ حصادها بالحقل ، وحتى تقديمها للمستهلك طازجة ، أو مصنعة ، يجب ان يراعى فى إنتاجها ، كل الشروط الصحية الممكنة ، وتجنب تلوثها بقدر الإمكان .

Smoking

التسخين

يعتبر تسخين الأغذية ، كالأسمك واللحوم ، من طرق الحفظ بالمواد الحافظة ، لأنه أثناء التسخين ، يتصاعد مع بخان الخشب ، أو الفحم المستعمل فى التسخين ، أبخرة : كريسولات ، وفينولات ، وكيثونات ، وفورمالدهيد ، وأحماض عضوية كالخلليك ، والفورميك ، والبروبيونيك ، يطلق عليها مجتمعة Pyrolygenous acid ، وهى مواد مثبطة للميكروبات ، تنفذ بأنسجة الأغذية أثناء التسخين ، وتساعد على الحفظ .

وأثناء عملية تنخين الأغذية ، فإنه يجب التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة ، بما يناسب الغذاء المجفف . وعموماً ، فإن مدة التنخين ، تتراوح ما بين عدة ساعات إلى عدة أيام ، على درجة حرارة تتراوح بين ٤٣ - ٧١ °م حسب نوع الغذاء . ولإستمرار حفظ هذه الأغذية ، يجب أن تحفظ فى جو غير رطب .

Spices

للتوابل

تضاف التوابل أساساً للأغذية ، لإكسابها الطعم ، والنكهة المقبولة ، غير أن التوابل ، تحتوى على بعض الزيوت المضادة لنشاط الميكروبات Antimicrobial activity ، التى قد تساعد فى حفظ الأغذية .

ويختلف تأثير هذه المواد المضادة ، باختلاف نوع التوابل ، وكميتها ، ونوع الميكروب (جدول ٦-٢) . وقد وجد أن زيوت التوابل ، أشد تأثيراً ، على الميكروبات ، من التوابل نفسها . كما أنه بتعريض التوابل للهواء ، فإنها تفقد مركباتها الطيارة ، وتفقد بذلك ، تأثيرها المثبط للميكروبات .

للمضادات الحيوية

جرب استعمال المضادات الحيوية ، مثل الكلورتتراسيكلين ، والأوكسى تتراسيكلين ، فى حفظ الأغذية منخفضة الحموضة ، مثل اللحوم ، والأسماك ، والدواجن . ورغم أن النتائج من حيث إطالة مدة الحفظ ، كانت جيدة ، إلا أن استعمال المضادات فى الأغذية ، قابل بإعتراضات كثيرة ، نظراً للتأثير المتبقى الضار لهذه المواد ، على صحة الإنسان ، وعلى تكوين طفرات من الميكروبات المرضية ، مقاومة لتأثير المضادات .

جدول ٦-٢: بعض التوابل ومركباتها المضادة للميكروبات

الميكروبات الحساسة	التركيز المضاد للميكروبات***		مستخلص المضادة للميكروبات		النسبة المئوية للزيوت الأساسية (%) بالفليت	التوابل
	التأثير	جزء في المليون	%	المادة***		
خمائر ، بكتيريا	مبيط	١٠٠٠ - ١٠٠		Allyl sulfonol, Allyl sulfide	٠,٥ - ٠,٢	ثوم
بكتيريا	قاتل	١٠٠		Carvacrol, Thymol	٢,٥	زعتر
خمائر ، بكتيريا	مبيط	١٠٠		Capaicidin	٢, -	فلفل أحمر
خمائر ، بكتيريا	قاتل	١٠٠٠	٧٨-٧٢	Eugenol	٥ - ٢	فلفل حلو
خمائر ، بكتيريا ، فطريات	قاتل	١٠٠٠ - ١٠٠٠	٧٥-٦٥	Cinnamic aldehyde	١, - - ٠,٥	قرنفة
خمائر ، بكتيريا	قاتل	١٠٠٠ - ١٠٠	٩٠-٧٥	Cinnamyl acetate	١,٢	قرنفة صيني
خمائر ، بكتيريا	قاتل	١٠٠٠	٩٢-٧٢	Eugenol	١٩, - - ١٦, -	قرنفل
خمائر ، بكتيريا	قاتل	١٠٠	٩٠	Allyl isothiocyanate	١, - - ٠,٥	مستطردة

* تعتمد نسبة الزيوت الموجودة بالنبات على الظروف للزراعية ، والبيئة ، خلال موسم النمو

** قد يحتوي النبات ، على أكثر من مادة مضادة للميكروبات .

*** يبين تأثير المواد المضادة للميكروبات ، كلما انخفض الرقم الوسط .

Radiation

٧- الإشعاع

الأشعة فوق البنفسجية ، رغم أنها قاتلة للميكروبات ، إلا أن قدرتها على اختراق المواد محدودة ، وهذا يحدد استعمالاتها ، في عمليات الحفظ ، حيث يمكن أن تستعمل في تعقيم أسطح المواد ، مثل أسطح اللحوم المصنعة ، وأسطح الفطائر ، ومنتجات المخازن ، وأسطح الأنوار والأواني ، وفي معاملة المياه المستخمة في تطهير الأسماك .

والطول الموجي المستخدم من هذه الأشعة ، يتراوح بين ٢٥٠ - ٢٨٠ nm ، وذلك بإستعمال لمبات بخار الزئبق ، المصنوعة من الكوارتز .

الأشعة المؤينة ، (مثل أشعة جاما ، وطولها الموجي أقل من ٠,٠١ Å ، ومصدرها الكوبالت المشع ^{60}Co) ، قاتلة للميكروبات ، وقدرتها عالية على اختراق المواد . لذلك ، فإن إستعمالها في حفظ الأغذية كاللحوم والدواجن ، والأسماك ، بدأ يتزايد في السنوات الأخيرة .

يسمى تعقيم الأغذية بالإشعاع ، بالتعقيم البارد Cold sterilization ، حيث لا ترتفع درجة حرارة الغذاء المعامل ، لأكثر من عدة درجات . ومقاومة الميكروبات للإشعاع ، لا يتطابق مع مقاومتها للحرارة . ومن أكثر الميكروبات مقاومة للإشعاع ، ويهم صانع الأغذية التخلص منها ، هو Clostridium botulinum ، ويحتاج إلى ما لا يقل عن ٤ ميغارد mega - rad لقتله .

تختلف الميكروبات في مقاومتها للإشعاع ، فأقلها مقاومة هي البكتيريا السالبة لجرام ، يليها في زيادة المقاومة ، البكتيريا غير المتجرمة الموجبة لجرام ، ثم الفطريات والخمائر ، ثم البكتيريا المتجرمة ، وأخيرا ، فإن الفيروسات والإنزيمات ، تعتبر من أكثرها مقاومة ، وهذه ، تحتاج لقتلها ، إلى جرعات عالية عما يستعمل في حالة البكتيريا ، مثالا على ذلك ، فإن ٠,٦ ميغارد كافية لقتل السالمونيلا ، بينما تحتاج الفيروسات لجرعات أكبر من ٥,٠ ميغارد .

وتعتمد معاملة الميكروبات بالأشعة المؤينة ، بعكس معاملات الحفظ بالحرارة ، على جرعة الإشعاع القاتلة Radiation death dose ، أكثر من اعتمادها ، على وقت التشعيع العميت Radiation death time .

ويستعمل التشعيع - مثل الحرارة - بمستويات مختلفة ، منها

Radiation pasteurization , Radirization

- البسترة الإشعاعية

وهذا المصطلح ، يكافئ في المعاملات الحرارية ، تعبير بسترة اللبن. ففي البسترة الإشعاعية ، تستخدم جرعات متوسطة من أشعة جاما ، تتراوح بين ٢,٥ إلى ١٠ كيلو - جراى (*) ، حيث تسبب قتل أكثر من ٩٨ ٪ (وليس ١٠٠ ٪) ، من الميكروبات المفسدة ، بالأغذية المعاملة .

Commercial radiation , Radappertization

- التشعيع التجارى

وهذا المصطلح ، يعادل مصطلح التعقيم التجارى ، فى الأغذية المعلبة . وفى التشعيع التجارى ، تستخدم جرعات عالية من أشعة جاما ، تتراوح بين ٣٠ إلى ٤٠ ك - جراى . علما بأن جرعات الإشعاع الأكثر من ٤٥ ك - جراى ، تؤدي إلى التعقيم الكامل .

الجرعات العالية من الإشعاع ، قد تكون ذات تأثير ضار على مكونات وخواص الغذاء ، فبعض الأغذية ، إذا تعرضت لجرعات إشعاع ، أكثر من ٥٠ ك - جراى ، يحدث لها تغيير فى القوام ، والطعم ، واللون ، والتركيب ، مما يفقدها الكثير ، من صلاحيتها كغذاء .

* الجراى Gray = ١٠٠ راد Rad

الراد Rad = كمية الإشعاع التى تكافئ امتصاص ١٠٠ إرج لكل جرام من المادة الإرج Erg ، هو وحدة قياس الطاقة ، وهو يساوى الطاقة اللازمة لتحريك واحد دالين مسافة ١ سم

والجراى ، يساوى أيضا الوحدة المستعملة فى الشغل ، أى القوة بالدالين x للمسافة بالسـم

فساد الأغذية Food spoilage

يحدث الفساد البيولوجي بالغذاء ، بسبب نشاط إنزيمات الغذاء ، أو الميكروبات ، أو الإثنين معا . ويعتبر الفساد الميكروبي أهمها ، ويليه الفساد الإنزيمى . وغالبا فإن المعاملات المستخدمة ، فى حفظ الأغذية من الفساد الميكروبي ، تتلف أيضا إنزيمات الغذاء .

تقسم الأغذية بالنسبة لقابليتها للفساد ، إلى ثلاثة مجاميع

١- أغذية غير قابلة للفساد
Unperishable foods
مثل السكر ، والحبوب ، والدقيق ، وهى لاتفسد ، إلا إذا تدولت بإهمال.

٢- أغذية متوسطة القابلية للفساد
Semi-perishable foods
مثل البطاطا ، والبطاطس ، واللفت ، وهى تبقى سليمة لمدة طويلة ، إذا تدولت ، وخرّنت بعناية .

٣- أغذية قابلة للفساد
Perishable foods
وهذه ، تشمل معظم الأغذية ، من خضروات ، وفاكهة ، ولحوم ، ودواجن ، وأسماك ، والبان ، وبيض . وهذه الأغذية سريعة التعرض للفساد ، مالم تحفظ بطريقة حفظ مناسبة.

وتعتبر أغلب المواد الغذائية ، بيئة صالحة لنمو الميكروبات ، من بكتريا وخمائر وفطريات ، التى إذا توفرت لها ، الظروف المناسبة لنشاطها ، فإنها تحدث تغيرات فى مظهر ، وطعم ، ولون ، وتركيب ، وخواص الغذاء . كما أن من هذه الميكروبات ، أنواعا ممرضة للإنسان ، والحيوان .

وتتوقف طبيعة ، وسرعة فساد الغذاء ، على مجموعة من العوامل ، منها :

طبيعة الغذاء ، صفاته الطبيعية والكيميائية ، نوع وعند الميكروبات الموجودة به ، طريقة الحفظ المستعملة ، وظروف التخزين .

ويمكن تلخيص عمليات التحلل التي تحدث بالغذاء ، نتيجة نشاط الميكروبات ، فى التفاعلات العامة التالية

Putrefaction

- تعفن

أغذية بروتينية + ميكروبات محللة للبروتين —————>
أحماض أمينية + أمينات + أمونيا + مركبات كبريتية.
 $CO_2 + H_2S +$

Fermentation

- تخمر

أغذية كربوهيدراتية + ميكروبات مخمرة للكربوهيدرات —————>
أحماض عضوية + كحولات + غازات

Rancidity

- ترنخ

أغذية دهنية + ميكروبات محللة للدهون —————> أحماض دهنية +
جليسرول

التغيرات التى تسببها الميكروبات بالغذاء ، ليست قاصرة فقط على تحلل المادة الغذائية ، بل يمكن أن تحدث أيضا ، نتيجة لما تفرزه الميكروبات أثناء نشاطها التمثيلى ، من مواد مختلفة ، مثل الصبغات ، والمواد اللزجة ، وغيرها .

والجداول التالية ، توضح بعض النماذج ، لأنواع الفساد بالأغذية غير المعلبة .

جدول ٦-٣ : أمثلة لأنواع الفساد بالأغذية الخام (غير المعلبة) والميكروبات المسببة

المسبب	نوع الفساد	الغذاء
إنزيمات الخضار Erwinia , Rhizopus , Aspergillus	لزوجة ، تلون عفن	خضروات طازجة
Rhizopus Botrytis Aspergillus niger	عفن طرى عفن أخضر عفن أسود	فواكه طازجة
Lactobacillus , Leuconostoc, Achromobacter Saccharomyces Acetobacter	روائح كريهة تخمير كحولى تخمير خليكى	عصير الفاكهة
Micrococcus , B. megatherium , Pseudomonas Alcaligenes , Clostridium , Proteus , Pseudomonas Aspergillus , Cladosporium , Penicillium , Rhizopus	حموضة تعفن فطرى وبقع ملونة	اللحوم الطازجة
Alcaligenes , Pseudomonas	لزوجة ، روائح	السلواجن
Alcaligenes , Flavobacterium , Pseudomonas Micrococcus , Pseudomonas, Sarcina	تعفن تلون	الأسماك (*)
Alcaligenes, Achromobacter, Coliform Pseudomonas fluorescens Proteus Cladosporium , Penicillium	تعفن بدون لون عفن أخضر عفن أسود عفن فطرى	البيض

* الأسماك أسرع فسادا من اللحوم ، لسرعة تحللها الذاتى بواسطة إنزيماتها ،
ولأن حموضتها أقل من اللحوم ، فهي أكثر تعرضا للبكتريا ،
كما أن زيوتها أسرع تزنها ، من دهن اللحوم .

جدول ٤-٦ : أمثلة لأنواع الفساد بالأغذية المجهزة (غير المعلبة) ،
والميكروبات المسببة

المسبب	نوع الفساد	الغذاء
<i>Rhizopus nigricans</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i>	فطري مع مناطق ملونة	الخبز
<i>Bacillus subtilis</i>	لزوجة	
<i>Enterobacter aerogenes</i>	لزوجة	الشربات والمرببات
<i>Zygosaccharomyces</i>	خميرة أوزموفيلية	
<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>	فطري	
<i>B. polymyxa</i> , <i>Erwinia</i>	طراوة	المخللات
<i>Desulfotomaculum</i>	سواد	
<i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Yeast</i>	فجوات	
<i>Rhodotorula</i>	خميرة غشائية ، وتلون	
<i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i>	اخضرار ولزوجة	السجق
<i>Clostridium botulinum</i>	تسمم بوتشولينى	

فساد الأغذية المعلبة

تفسد الأغذية المعلبة لأسباب عديدة ، قد تكون بيولوجية ، أو غير بيولوجية . ويحدث الفساد غير البيولوجي ، نتيجة لتفاعل مكونات الغذاء مع معدن العلبة ، فيحدث إنتفاخ إيدروجيني ، أو تلون بالغذاء ، وتكون روائح كريهة ، وعكارة .

وقد يحدث الفساد ، نتيجة عدم كفاية المعاملة الحرارية ، أو عدم إحكام غلق العلبة ، أو حدوث تنفيس بها ، فتتدخل الميكروبات بداخل العلبة، وتسبب فساد الغذاء .

يتوقف نوع الفساد البيولوجي ، بالأغذية المعلبة ، على المعاملة الحرارية ، وما يتبقى بعدها من ميكروبات بالغذاء . فالأغذية منخفضة ومتوسطة الحموضة ، تعامل بالبخار المضغوط ، لذلك فإنها تفسد بالبكتيريا المتجترمة ، الشديدة المقاومة للحرارة (جدول ٦-٥) .

والأغذية الحامضية ، وعالية الحموضة ، تعامل بدرجات حرارة قرب الغليان ، لذلك ، فإنها تفسد بأنواع مختلفة من الميكروبات ، منها المتجثرم ، وغير المتجثرم المقاوم للحموضة ، وكذلك بالفطر ، والخميرة (جدول ٦-٦) .

جدول ٥-٦ : أنواع الفساد بالأغذية المعلبة منخفضة ومتوسطة الحموضة
(كالخضروات واللحوم)

مظهر الفساد		نوع الفساد والمسبب
فى الغذاء	فى العلبة	
مظهر الغذاء عادى ، زيادة شديدة فى حموضة الغذاء	لا يحدث انتفاخ بالعلبة	بكتريا محبة للحرارة المرتفعة - فساد المسطح الحامضى (*) Flat sour B. stearothermophilus
تكون حموضة، وروائح ، وغازات	تنتفخ العلبة تدريجيا، وقد تنفجر	- فساد غازى بدون تكون H_2S Swelling without H_2S Cl. thermosaccharolyticum
إسوداد الغذاء ، وروائح تعفنيه	لا يحدث انتفاخ بالعلبة ويتكون H_2S ، ويمتص بالغذاء	- كبريتى نتن (عفن) Sulfide stinker Cl. nigrificans
غازات ، وروائح تعفنيه	تنتفخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	بكتريا محبة للحرارة المتوسطة تعفن Cl. sporogenes

* وقد يطلق عليه الفساد الحامضى المستوى أو المستتر

جدول ٦-٦ : أنواع الفساد بالأغذية المعلبة الحامضية (مثل العصائر والفواكه وصلصة الطماطم)

مظهر الفساد		نوع الفساد والمسبب
فى الغذاء	فى العلبة	
تغير فى الحموضة ، مع روائح كريهة ، وطعم غير مقبول	لا يحدث انتفاخ بالعلبة	فساد المسطح الحامضى B. thermoacidurans
تخمّر ، غازات ، ورائحة حامض البيوتيريك	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	تخمّر بيوتيريكي Cl. butyricum
طعم حامض ، غازات	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	(*) بكتريا غير متجرّمة غالباً منتجة لحامض اللاكتيك
تخمّر ، غازات ، رائحة الخميرة	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	(*) خمائر
نمو سطحي للفطر ، روائح غير مقبولة	لا يحدث انتفاخ بالعلبة	(*) فطريات

(*) توجد هذه الميكروبات بالغذاء ، إذا كانت المعاملة الحرارية غير كافية .

Food poisoning

التسمم الغذائي

التسمم الغذائي ، هو مرض فجائي ينتج من تناول غذاء ، يحتوى على كيميائيات سامة (كالزرنخ والرصاص) ، أو مبيدات ، أو نباتات وحيوانات سامة (كبعض أنواع عيش الغراب ، وبعض المحاريات ، والأسماك) ، أو سموم ميكروبية .

ويمتاز التسمم الميكروبي ، بأنه يظهر فجأة ، بين مجموعة كبيرة من الناس ، تناولوا الغذاء السام ، مع حدوث اضطرابات ، غالبا ، ما تكون فى الجهاز الهضمى .

ولا يقتصر التسمم الميكروبي على البكتريا ، بل قد يحدث من فطريات ، أو طحالب ، أو بروتوزوا . والسموم (Toxins) التى يكونها الميكروب ، هى عبارة عن نواتج ثانوية للتمثيل الغذائى Secondary metabolites ، وأغلبها عبارة عن بروتين ، أو عديد الببتيدات .

هناك نوعين من السموم الميكروبية

Exotoxins

١- سموم خارجية

وهذه ، تفرز خارج الميكروب ، ويتسبب التسمم ، عن وجود التوكسين نفسه فى الغذاء (وليس الميكروب) ، كما فى حالة التسمم البوتشولينى ، والعنقودى .

Endotoxins

٢- سموم داخلية

وهذه ، تتكون داخل الميكروب ، ويحدث التسمم ، نتيجة تعاظم الميكروب حيا ، أى حدوث عدوى ميكروبية infection ، حيث يتكاثر الميكروب بالأمعاء ، وبعد موت الميكروب ، وتحلل خلاياه ، تنطلق التوكسينات الداخلية ، محدثة التسمم ، وذلك كما فى حالة التسمم بالسالمونيلا ، والبكتريا السبحية .

عموما ، تعتمد طرق الوقاية ، من التسمم الغذائى الميكروبي ، على منع وصول الميكروبات للغذاء ، أو إيقاف نموها ، إذا ما وصلت اليه .

من التسممات الغذائية البكتيرية

١- التسمم البوتشولينى Botulism

يتسبب هذا التسمم ، عن توكسين خارجى ، تفرزه بكتريا *Clostridium botulinum* . وهو ميكروب موجب لصبغة جرام ، عصوى ، متجثرم بجرثومة تحت طرفيه ، نو أسبورانجيا منتفخة ، لاهوائى . وينمو فى الأغذية المعلبة ، غير محكمة التعقيم ، خاصة الأغذية منخفضة الحموضة ، وكذلك فى الأغذية المعلبة بالمنزل . وللميكروب عدة سلالات ، يميز بينها بيوكيميائيا ، أو سيرولوجيا .

تظهر الأعراض بعد ١٢ - ٣٦ ساعة (٢٤ ساعة فى المتوسط) ، من تناول الغذاء المحتوى على التوكسين : كصداع ، ودوار ، وصعوبة فى البلع ، والخطى ، والتنفس ، والنظر ، ثم يحدث شلل بالجهاز التنفسى ، والعصبى . ويعد التوكسين ، من أشد التوكسينات المعروفة تأثيرا ، ولذلك ، فإن نسبة المسموم من هذا التسمم عالية ، تزيد عن ٦٥% ، ويحدث الموت بعد ٣ - ٨ أيام ، من ظهور الأعراض .

الميكروب شديد المقاومة للحرارة ، وتحتمل الجراثيم درجة ١٢٠°م لعدة دقائق ، إلا أن التوكسين يتأثر بالحرارة . وعلى ذلك ، فإن الوقاية من هذا التسمم تتأتى من استخدام الحرارة الكافية عند التعليب ، والغلى الجيد قبل الأكل ، للغذاء المشكوك فيه لإتلاف التوكسين ، وذلك ، لمدة ١٥ دقيقة.

٢- التسمم العنقودى Staphylococcal food-poisoning

يتسبب هذا التسمم ، عن توكسين خارجى معوى *Enterotoxin* ، تفرزه سلالات من بكتريا *Staphylococcus aureus* . وهو ميكروب موجب لصبغة جرام ، كروى فى عناقيد ، غير متجثرم ، إختيارى للهواء ، يفرز صبغات صفراء اللون ، موجب للكواجيلولاز (انزيم يجمع بلازما الدم) ، وينمو الميكروب ، فى بيئة بها ١٠% NaCl ، ويتحمل ملوحة حتى ١٥% .

هذا التسمم شائع الحوث ، خاصة فى الأفراح والحفلات الجماعية ، وأكثر الأغذية تعرضا لهذا التسمم ، هى الأغذية منخفضة الحموضة عموما ، خاصة الفطائر المحشوة ، والجاتوهات ، ومنتجات الألبان .

تظهر الأعراض ، حسب حساسية الشخص المصاب ، بعد ١ - ٦ ساعات (٣ ساعات فى المتوسط) ، من تناول الغذاء المحتوى على التوكسين ، وذلك فى صورة اضطرابات معوية ، مصحوبة بالمغص ، والقيء ، والإسهال . ولا تحدث وفيات من هذا التسمم ، ويتم الشفاء خلال يوم إلى ثلاثة أيام .

الميكروب المسبب للتسمم ، غير متجراثم ، يقتل بسهولة عند درجة حرارة أقل من ١٠٠°م ، إلا أن التوكسين ، شديد المقاومة للحرارة ، ولا يتلف بالغليان .

وعلى ذلك ، فإنه لمنع هذا التسمم ، يبرد الغذاء المطبوخ بسرعة ، ويوضع فى الثلاجة ، لإيقاف نمو ونشاط الميكروب ، حتى لا يتكون التوكسين هذا مع مراعاة ، الأصول الصحية فى تداول الغذاء ، لمنع وصول الميكروب للغذاء .

Salmonella food-poisoning

٣- التسمم بالسالمونيلا

يتسبب هذا التسمم ، عن عدوى ميكروبية ، من بكتريا *S. enteritidis* ، *S. typhimurium* ، وهى ميكروبات سالبة لصبغة جرام ، عصوية قصيرة ، غير متجراثمة ، إختيارية للهواء ، لاتحلل سكر اللاكتوز ، وبعض أنواعها ممرضة للدواجن ، والحيوانات . ويفيز بين السلالات ، بقدرتها على تحليل السكريات المختلفة ، وبإختبارات التجمع .

تظهر الأعراض ، بعد ٧ - ٣٠ ساعة (٢٤ ساعة فى المتوسط) ، من الإصابة . وطول فترة الحضانة هذه ، تميز التسمم بالسالمونيلا ، عن التسمم العنقودى (٣ ساعات فى المتوسط) . وتظهر الأعراض ، فى صورة اضطرابات معوية ، مع إرتفاع بسيط فى الحرارة . ويستمر المرض لعدة أيام (من ٢ إلى ٤ يوم) ، وهو أقل انتشارا من التسمم العنقودى ، ونسبة الوفيات به أقل من ١٪ .

ينتقل الميكروب إلى الغذاء بواسطة الذباب . وأكثر الأغذية تعرضا ، هي الأغذية منخفضة الحموضة ، خاصة اللحوم ، والدواجن ، والأسماك ، وألبان الحيوانات المصابة .

وعلى ذلك ، فللوقاية من هذا التسمم ، يراعى النظافة ، والإشراف الدقيق فى السلخانات ، على الحيوانات المذبوحة ، وعلى الطعام جيدا قبل الأكل لقتل الميكروب . وفى النول المستوردة للحوم ، فإن المحاجر البيطرية ، هى خط الدفاع الأول ، من اللحوم والدواجن والأسماك المجمدة ، المستوردة المصابة .

يبين الجدول ٦-٧ ، مقارنة بين بعض التسممات الغذائية البكتيرية ، الشائعة الحدوث .

٤- تسممات ميكروبية أخرى

توجد أنواع أخرى من البكتريا ، بخلاف ما ذكر ، تسبب تسممات غذائية (عدوى ميكروبية) ، تظهر فى صورة اضطرابات معوية . وتظهر الأعراض على المصاب ، بعد عدة ساعات (١٠ - ٢٤ ساعة) ، من تناول الغذاء المحتوى على البكتريا المسببة .

من هذه البكتريا :

E. coli , Proteus vulgaris , Streptococcus faecalis (alpha type) ,

Vibrio parahaemolyticus and Bacillus cereus .

كما توجد بعض الفطريات ، تنمو على الحبوب مثل القمح ، والفول السوداني ، والبقول ، وتفرز سموما فطرية Aflatoxins ، تسبب سموما غذائية ، للإنسان والحيوان ، قد يكون مميتا .

من هذه الفطريات : Aspergillus flavus , Penicillium puberulum .

ويجب الحذر من تناول حبوب مخزونة ، حدث بها تعفن ، بسبب نمو الفطريات ، لأن السموم الفطرية ، إذا ماتكونت بالغذاء ، فإنها لا تتلف بالحرارة .

جدول ٧-٦ = مقارنة بين التسممات الأغذية البكتيرية الشائعة

التسمم	المسبب	فترة الحضانة (ساعة)	الأعراض	مدة المرض (يوم)	نسبة الموت	الأغذية المعرضة
البوتيسوليسيس Botulism	توكسين ، بترزه Cl. botulinum	١٢ - ٣٦ (٢٤)	صداع ، إسهال ، معموية في البطن والنطق والشلل والقيء ، ثم شلل في الجهاز التنفسي	٢ - ٨	أكثر من ٧٦٥	الأغذية منخفضة المحموضة المعالجة ، والمعلبات المنزلية
العفوى Staphylococcal	توكسين ، بترزه Staph. aureus	١ - ٦ (٣)	إسهال إسهال ، قيء ، مغص	١ - ٢	منخفضة جدا	الفاطنر المحشوة ، والجبن ، ومنتجات الألبان ، والأغذية منخفضة المحموضة عمومًا
Cl. perfringens	توكسين ، بترزه Cl. perfringens	١٠ - ٢٤ (١٥)	إسهال إسهال	١ - ٢	منخفضة	للحوم واللواجن والأسماك غير جيدة الطبخ
سالمونيلا Salmonellosis	عدوى Salmonella spp.	٧ - ٣٠ (٢٤)	إسهال إسهال مع ارتفاع في الحرارة	٢ - ٤	أقل من ٧١	للحوم والألبان

Food-borne diseases

الأمراض التي تنقلها الأغذية

تنتقل بعض الميكروبات الممرضة ، عن طريق الأغذية الصلبة ، أو السائلة ، بما فى ذلك الماء ، فتسبب أمراضا للمستهلك .

ومن أمثلة الأمراض التي تنقلها الأغذية

المسبب	المرض
<i>Salmonella</i> sp.	التيفود والباراتيفود
<i>Shigella</i> sp.	الدوسنتاريا الباسيلية
<i>Entamoeba histolytica</i>	الدوسنتاريا الأميبية
<i>Vibrio cholera</i>	الكوليرا
<i>Coxiella burnetii</i>	حمى Q - fever (أنواع من التهابات الرئوية)

كما تنتقل عن طريق الأغذية ، الفيروسات المسببة لبعض الاضطرابات المعوية ، والالتهاب الكبدى الوبائى ، وشلل الأطفال . وبالإضافة إلى ذلك ، فقد تنقل الأغذية ، بعض الطفيليات الحيوانية *Food-borne animal parasites* ، مثل البروتوزوا ، والديدان الكبدية ، والأسطوانية ، والشريطية ، وغيرها .

الوقاية من هذه الأمراض

مصدر العدوى ، للميكروبات المعوية المرضية ، هو المرضى ، وحاملى الميكروب ، والمخلفات البرازيه . وتنتقل الميكروبات إلى الأغذية السليمة ، من المرضى ، وحاملى الميكروب ، وعن طريق الذباب ، والتلوث .

لذلك ، فإن الوسائل المستخدمة ، للوقاية من هذه الأمراض ، تعتمد على الأسس العامة التالية

- المحافظة على الغذاء من التلوث الميكروبي ، مع مراعاة الطرق الصحية السليمة فى : التداول ، والإعداد ، والتقنين ، والحفظ .
- وبصفة خاصة ، يجب أن يؤخذ فى الاعتبار ، تجنب تلوث الغذاء بالمواد البرازية ، والاهتمام بمكافحة الذباب ، وعلاج حاملى المرض ، وتلقيح المخالطين باللقاح الواقى ، والطهى الجيد للغذاء .
- عدم إعطاء الفرصة ، لنمو الميكروبات التى تصل للغذاء ، بالإستهلاك السريع للغذاء بعد إعداده ، أو بالحفظ بالتبريد لحين الإستهلاك .
- التخلص من الأغذية المشتبه فيها .
- نشر الوعى الصحى بين الجمهور .

الفحص المعملى للأغذية المسببه للأمراض

تعتمد طرق الفحص المعملى ، للأغذية المشتبه فيها ، أو التى سببت المرض ، أو للعينات المأخوذة من الأفراد المصابين ، على نوع الغذاء ، ونوع المرض الناتج ، حسب الأعراض التى ظهرت ، ومدة الحضانة لظهور المرض (جدول ٦-٧) .

ويبدأ الإختبار المعملى للعينة ، بعمل شرائح مصبوغة بصبغة جرام ، وفحصها ميكروسكوبيا ، وسيعطى هذا فكرة ، عن الميكروب المسبب ، وعند الميكروبات بالعينة .

ثم قد يحتاج الأمر ، خاصة فى حالة الأوبئة ، لعزل المسبب ، وتعريفه ، والتمييز بين افراده ، باستعمال الإختبارات البيوكيميائية ، والسيرولوجية المناسبة ، وإجراء اختبارات حيوانات التجارب .

والجدول (٦-٨) ، يبين أهم البيئات المزرعية المستعملة ، عادة ، لفحص بعض المسببات المرضية .

جدول ٦-٨ : فحص الأغذية للميكروبات الممرضة

الميكروب	بيئة الإكثار	بيئة التلقيح المباشر ، أو بيئة الصب في الأطباق
<i>Cl. botulinum</i> ^(١)	بيئة قلب عجل بيئة اللحم المطبوخ ، مع الجلوكوز والنشا	بيئة آجار الدم ومستخلص اللحم المقواة للكلوستريديا
<i>Cl. perfringens</i> ^(٢)	بيئة الثيوجليكولات بيئة اللحم المطبوخ	بيئة آجار الكبريتيت والـ بوليمكسين والسلفا داي ازين
<i>Staph. aureus</i>	بيئة اللحم المطبوخ مع ١٠٪ ملح طعام بيئة المانيتول والسوربيت	بيئة آجار البكتريا العنقوية رقم ١١٠
Fecal streptococci	بيئة مرق الدكستروز والأزيد بيئة مرق KF	بيئة آجار KF بيئة آجار الدم وأزيد الصوديوم
<i>Salmonella</i>	بيئة مرق اللاكتوز بيئة مرق السيلينيت والسيستين	بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا بيئة آجار بريليانت جرين السلفا داي ازين
<i>Shigella</i>	بيئة مرق اللاكتوز بيئة مرق السيلينيت والسيستين	بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا بيئة آجار بريليانت جرين السلفا داي ازين

(١) تسخن بيئة الإكثار الملقحة (أو التخفيفات) ، على درجة ٨٠°م لمدة ٢٠ ق

(٢) تسخن العينة على درجة ٨٠°م لمدة ٢٠ ق

Fermented foods

الأغذية المتخمرة

الأغذية المتخمرة ، هي مجموعة من المنتجات تستعمل كأغذية ، تنتج جزئيا ، أو كليا ، بالتخميرات الميكروبية ، نتيجة النشاط الميكروبي . ومن أمثلة هذه الأغذية ، المخللات ، والسيلاج ، وبعض أنواع السجق Sausages .

وتعتبر بكتريا حامض اللاكتيك ، هي المستولة أساسا ، عن حدوث التخمير المرغوب فيه ، المطلوب لإنتاج كل نوع من أنواع هذه الأغذية المتخمرة . وهذه البكتريا ، تنتج الحامض ، الذي يساعد على حفظ هذه المنتجات ، إذ يثبط الحامض المتكون ، الميكروبات المسببة للفساد . وتوجد الميكروبات ، المسببة لهذه التغيرات المطلوبة ، طبيعيا على المادة التي ستخمر ، أو تضاف كبادئ Starter culture ، أثناء الإعداد .

والجدول ٩-٦ ، يوضح أمثلة لهذه التخمرات .

جدول ٩-٦ : بعض أمثلة للأغذية المتخمرة والميكروبات المسببة

الميكروبات المسئولة عن التخمر	المادة المستعملة	الغذاء
<p>في المرحلة المبكرة من التخمر <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Erwinia herbicola</i></p> <p>في المرحلة المتوسطة <i>Leuconostoc mesenteroides</i></p> <p>في المرحلة النهائية <i>Lactobacillus plantarum</i></p>	شرائح الكرنب	كرنب مخلل Sauerkraut
<p>في المرحلة المبكرة <i>Leuc. mesenteroides</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Pediococcus cerevisiae</i></p> <p>في المرحلة المتوسطة <i>Lact. brevis</i>, <i>Lact. plantarum</i></p> <p>في المرحلة النهائية <i>Lact. plantarum</i></p>	خيار زيتون أخضر	مخللات Pickles

تابع جدول ٦-٩ :

الميكروبات المستولة عن التخمر	المادة المستعملة	الغذاء
<p>في المرحلة المبكرة</p> <p><i>Enterobacter</i> , <i>Coliforms</i></p> <p>في المرحلة المتوسطة</p> <p><i>Leuconostoc</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Lactobacillus</i></p> <p>في المرحلة النهائية</p> <p><i>Lact. brevis</i> , <i>Lact. plantarum</i></p>	نباتات خضراء	سيلاج Silage
<p><i>Pediococcus cerevisiae</i> , <i>Micrococcus spp.</i></p>	لحوم أبقار	سجق Sausage

البروتين الميكروبي Single - cell protein (SCP)

تنمى بعض المجهرات ، كالخميرة ، والبكتريا ، والطحالب ، على بعض المخلفات الصناعية ، أو الغذائية ، فنحصل بالطرد المركزي ، والتجفيف ، على منتج غنى في البروتين ، وذلك ، من تلك الخلايا الميكروبية وحيدة الخلايا Single - cell protein (SCP) .

من المخلفات التي تستعمل ، في إنتاج البروتين الميكروبي ، هيدروكربونات تكرير البترول ، ومخلفات مصانع الورق والأخشاب (كمخلفات صناعية) ، والمولاس ، وشرش الجبن ، وسائل منقوع الذرة (كنواتج ثانوية لمصانع الأغذية) .

يستعمل البروتين الناتج ، في سد الإحتياجات الغذائية ، للإنسان والحيوان . وتفضل الخميرة في إنتاج البروتين ، عن غيرها من الميكروبات ، لأن الخميرة ، تستعمل منذ آلاف السنين ، كغذاء ، وفي الخبز ، دون أن تسبب أضرارا صحية ، عكس غيرها من الميكروبات ، التي قد تنتج بعض المواد الضارة ، التي تقلل من قيمة البروتين الناتج ، أو تضرر بالمستهلك .

وتستعمل الخميرة بنجاح ، كعلف للحيوان ، غير أنه نظرا لنقص محتواها البروتيني ، من بعض الأحماض الأمينية الأساسية ، خاصة الكبريتية ، مثل السيستين والميثيونين ، فإن علف الخميرة ، يجب أن يقوى ، بإضافة بعض البروتينات الحيوانية الأخرى ، مثل مسحوق السمك المجفف ، لسد العجز في تلك الأحماض الأمينية .

والملاحظات التالية ، تشجع على إنتاج البروتين الميكروبي ، إذا ما قارناه بإنتاج البروتين النباتي والحيواني

١- تنمو الميكروبات بسرعة ، وتعطى محصولا وفيرا من البروتين ، في زمن قصير .

وللمقارنة ، فإن طن الخميرة ، على سبيل المثال ، يعطى عدة أطنان من البروتين في اليوم الواحد .
بينما ، يعطى وزن طن من الحيوان ، حوالى واحد كيلو بروتين فقط في اليوم .

٢- نسبة البروتين ، في الخلايا الميكروبية مرتفعة ، وهى تبلغ حوالى ٥٠٪ ، من وزن خلايا الخميرة الجافة .

٣- يحتوى البروتين الميكروبي ، الناتج من السلالات الميكروبية المنتخبة ، على أغلب الأحماض الأمينية الأساسية .

٤- بعض أنواع البروتين الميكروبي ، خاصة الناتج من الخميرة ، يحتوى على نسبة مرتفعة من الفيتامينات .

٥- المادة الخام المستعملة ، كبيئة في تنمية الميكروبات ، هى مخلفات ، أو نواتج ثانوية لصناعات أخرى .

ورغم المزايا السابقة ، إلا أنه توجد بعض العقبات ، التى تحد من استعمال البروتين الميكروبي فى التغذية ، منها

١- عدم تعود واستساغة المستهلك للبروتين الميكروبي .

٢- إرتفاع نسبة الأحماض النووية بالبروتين الميكروبي ، التى قد تسبب متاعب صحية للمستهلك ، وحصواتا فوسفاتيه بالكلى .

٣- وجود نقص فى بعض الأحماض الأمينية الأساسية ، خاصة الكبريتية ، بالبروتين الميكروبي .

References

- Ayers, J.C.; J.O. Mundt and W.E. Sandine (1980). Microbiology of foods. W.H. Freeman & Co., San. Francisco, USA.
- Dack, C.M. (1956). Food poisoning. 3rd Ed., Univ. Chicago Press, Chicago, USA.
- Frazier, W.C. and D.C. Westhoff (1978). Food microbiology. 3rd Ed., Mc - Graw Hill, New York.
- Mussel, D.A.A.(1982). Microbiology of foods. Univ. Utrecht. Netherlands.

ميكروبيولوجيا الألبان

- اللبن الخام كبيئة غذائية
- محتوى اللبن من الميكروبات
- تلوث اللبن
- بكتريا حامض اللاكتيك
- أنواع البكتيريا الأخرى الموجودة باللبن
- درجات اللبن
- تأثير درجات الحرارة على ميكروبات اللبن
- العمليات التي يتعرض لها اللبن بعد حليبه
- التبريد
- البسترة
- تعقيم اللبن
- هضام اللبن
- الأمراض التي تنتقل عن طريق اللبن
- التسممات الغذائية التي يسببها اللبن
- الألبان المكثفة المحلاة
- اللبن المجفف
- مزارع البادلات
- الألبان المتخمرة
- الجبن
- الجبن الطرية
- الجبن النصف جافة
- الجبن الجافة
- عيوب الجبن
- العدوى المنقولة عن طريق الجبن
- المراجع

الفصل السابع

ميكروبيولوجيا الألبان Dairy Microbiology

اللبن الخام (الحليب) كبيئة غذائية

يتكون اللبن بالغند الثديية بضرع الحيوان . وهو يحتوى على جميع العناصر الغذائية اللازمة للنمو . لذلك ، فهو بيئة غذائية ، صالحة لنمو وتكاثر الكثير من الميكروبات ، حيث يحتوى اللبن ، فى المتوسط ، على ٨٧,٠ ٪ ماء ، ٥,٠ ٪ سكر لاکتوز ، ٣,٠ ٪ بروتين (كالكازين والألبومين) ، ٣,٥ ٪ دهن ، بالإضافة إلى حوالى ١,٠ ٪ أملاح معدنية ، وبعض الفيتامينات مثل A , D , B , K & B , C ، والإنزيمات مثل ، الكاتاليز واللايبين والفوسفاتيز ، واللبن متعادل التأثير ، ذو pH حوالى ٦,٧ .

محتوى اللبن من الميكروبات

يكون اللبن المتكون بضرع الحيوان السليم ، خاليا من الميكروبات . ويبدأ تلوث اللبن عند خروجه من الضرع ، من قناة الحلمة Teat canal ، حيث يتسرب إلى اللبن ، عند من الميكروبات من فتحة الحلمة ، قترأوح من عدة مئات ، إلى عدة آلاف/ مل لبن ، وهى ميكروبات غير مرضية ، أغلبها تابع للأنواع التالية

Micrococcus , *Streptococcus* , *Corynebacterium bovis*

لذلك ، ينصح بإستبعاد الكميات الأولى من عملية الحليب ، عن اللبن الناتج ، وذلك لتقليل محتوى اللبن من الميكروبات .

أما إذا كان الحيوان مريضا ، أو مصابا بالتهاب الضرع ، فإن عدد الميكروبات باللبن المنتج ، يزيد كثيرا عن ذلك ، وقد يحتوى على ميكروبات مرضية .

تلوث اللبن

بعد نزول اللبن من الضرع ، يتعرض للتلوث بكثير من الميكروبات ، من بكتيريا وخمائر وفطريات ، وذلك ، منذ حلبه حتى استهلاكه . ويتوقف نوع ، وعند الميكروبات الملوثة ، على ظروف الحيوان ، طريقة الحليب ، جو الإسطبل ومدى نظافته ، الأنوات والأواني المستعملة ، الحلابين ، متداولي اللبن ، وطرق المعاملة والتخزين عقب الحليب .

من تلك نجد ، أن اللبن عرضة للتلوث ، والفساد بالميكروبات . ويعتمد إنتاج اللبن الجيد ، على منع هذا التلوث ، أو على الأقل الحد منه ، فجودة اللبن المنتج ، تتوقف على ظروف إنتاجه ، وعند ما يحتويه من ميكروبات .

أنواع البكتيريا الموجودة باللبن الحليب

أهم أنواع البكتيريا الموجودة باللبن الحليب ، هي : بكتيريا حامض اللاكتيك ، بكتيريا مجموعة القولون ، الأنواع المحللة للدهون والبروتين ، والكلوستريديوم . وتصل هذه الميكروبات إلى اللبن ، من جلد الحيوان ، والأتربة ، والأعلاف ، والروث ، والمياه الملوثة بالمجاري ، والأواني .

وتحت ظروف خاصة ، قد تصل البكتيريا المرضية إلى اللبن ، حيث تنمو وتتكاثر بسرعة ، على درجة ٣٠ - ٤٠°م ، وتسبب للمستهلك متاعب صحية ، بالجهاز الهضمي ، والتنفسى .

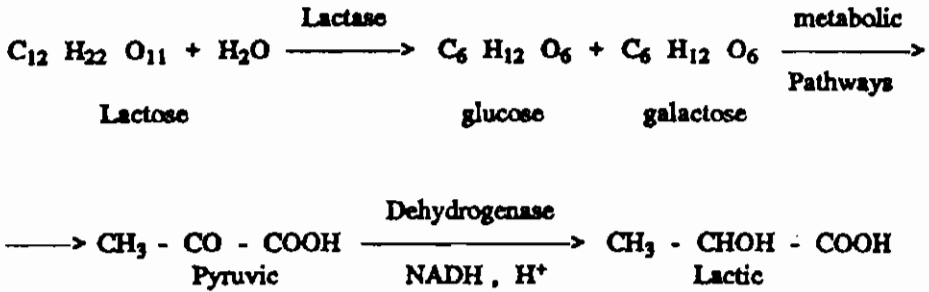
بكتيريا حامض اللاكتيك

بكتيريا حامض اللاكتيك ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجترمة ، غير متحركة ، سالبة لإختبار الكاتاليز ، تحتاج فى نموها لكميات قليلة من الأكسجين ، واحتياجاتها الغذائية معقدة .

من هذه البكتيريا ، مايتبع أجناس *Leuconostoc* و *Streptococcus* . وأفراد هذه الأجناس ، كروية الشكل ، توجد فى أزواج أو سلاسل .

ومن هذه البكتيريا ، مايتبع جنس *Lactobacillus* ، وأفراد هذا الجنس عصوية الشكل ، غالبا فى سلاسل .

تحلل بكتيريا حامض اللاكتيك ، سكر اللاكتوز ، وتحوله إلى حامض لاكتيك ، وهو حامض غير متطاير ، نو ثلاث ذرات كربون ، وقد يسمى α - hydroxy propionic acid ، ويتكون حسب المعادلة العامة التالية



قد تكون بكتيريا حامض اللاكتيك ، متجانسة التخمر Homo-fermentative ، مثل كل الأنواع التابعة لجنس *Streptococcus* . وفي هذه الحالة ، فإن الناتج النهائي من تحليل سكر اللاكتوز ، هو حامض اللاكتيك ، حيث يتحول أكثر من ٩٠٪ من سكر اللاكتوز ، إلى حامض لاكتيك . وقد تكون البكتيريا خليطة التخمر Hetero-fermentative ، كـ بعض الأنواع التابعة لجنس *Lactobacillus* ، مثل *L. brevis* ، *L. fermenti* . وفي هذه الحالة ، فإنه بالإضافة إلى حامض اللاكتيك المتكون ، فإن هذه البكتيريا تكون من سكر اللاكتوز ، كمياتا محسوسة أيضا من الأحماض ، كـالخلطيك ، والكحولات ، كـالإيثانول ، وغازات ، مثل ثاني أكسيد الكربون ، وبعض المكونات الأخرى .

التقسيم السيروولوجي والفسيوولوجي لبكتيريا جنس *Streptococcus*

تفرز بكتيريا *Streptococcus* ، سكريات معقدة ، وبروتينات ، تختلف باختلاف الأنواع المختلفة . وقد اتخذت Lancefield, 1933 ، هذه الاختلافات كأساس للتقسيم السيروولوجي ، للتمييز بين الأنواع التابعة لجنس *Streptococcus* ، وبذلك ، قسمتها إلى ١٣ مجموعة ، رتبت تبعا للحروف الأبجدية O , A , B , C ... (جول ٧ - ١) .

Streptococcus جدول ١-٧ : مميزات جنس

ملاحظة	المجموعة السيروبولجية (Lancefield, 1933)	النمو عند درجة (°C)		تحليل الدم	اسم الميكروب	المجموعة السيروبولجية (Sherman, 1937)
		٤٥	١٠			
غير معرضة للإنسان ، معرضة للحيوان	B	-	-	بيتا	<i>S. agalactiae</i>	الغليجية Progenic
معرضة للإنسان والحيوان	A , E , F , G	-	-	بيتا	<i>S. pyogenes</i>	
تستعمل في الصناعات اللبنية ، وبعضها يفسد اللبن	D	+	-	الفا	<i>S. thermophilus</i>	المحببة للحرارة Viridans
تكثر اللبنة من لحليب البقرة، والأسعدة والبروث	D	+	-	الفا	<i>S. bovis</i>	
مهمة في الألبان ، تنتج Wisin	M	-	+	غير محله للدم	<i>S. lactis</i>	للبنية Lactic
مهمة في الألبان ، لا تنتج Wisin	M	-	+	غير محله للدم	<i>S. cremoris</i>	
تسبب فساد اللبن	D	+	+	الفا ، بيتا	<i>S. faecalis</i>	العموية Enterococci
تسبب فساد اللبن	D	+	+	الفا ، بيتا	<i>S. durans</i>	

أما بالنسبة للتقسيم الفسيولوجي ، لأنواع هذا الجنس ، فإن ذلك ، يعتمد على مجموعة من الاختبارات ، أهمها القدرة على النمو عند درجة 10°C و 45°C ، وتحليل كرات الدم الحمراء Blood hemolysis في بيئة أجار الدم ، بالإضافة إلى مجموعة من الاختبارات الأخرى .
وعلى أساس هذه الاختبارات ، (جدول ٧-١) ، قام Sherman et al, 1937 ، بتقسيم أفراد جنس Streptococcus ، إلى أربعة مجموعات ، هي

Pyogenic , Viridans , Lactic , Enterococci

بكتريا حامض اللاكتيك السائدة باللبن

تحت الظروف العادية ، فإن الأنواع المتجانسة التخمر ، هي التي تسود باللبن ، وهي المسئولة عن حموضة اللبن ، وعن صناعة المنتجات اللبنية ، ويستطيع أغلبها النمو ما بين 10°C إلى 50°C .

من أنواع بكتريا حامض اللاكتيك ، متجانسة التخمر ، الهامة في الألبان (جدول ٧-٢ ، وشكل ٧-١)

S. cremoris , S. lactis (Lancefield group N)

S. thermophilus (Lancefield group D)

L. acidophilus , L. bulgaricus , L. casei

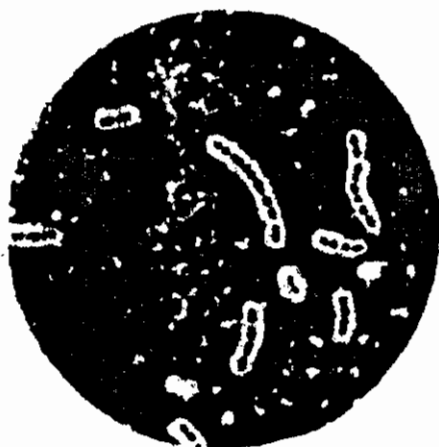
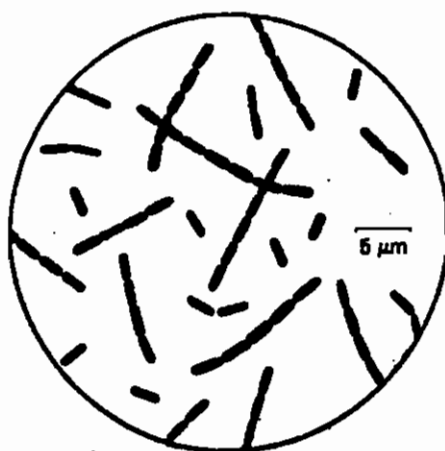
Leuconostoc

بكتريا جنس

البكتريا التابعة لهذا الجنس ، كروية ، في أزواج أو سلاسل ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجركة ، غير متحركة ، سالبة لإختبار الكاتاليز ، وهي تعتبر من بكتريا حامض اللاكتيك ، خليطة التخمر .
وهي ، تخمر حامض الستريك الموجود باللبن ، فتكون بذلك ، المواد المكسبة للطعم والنكهة ، بالمنتجات اللبنية ، ولذلك تسمى بكتريا اللوكونوستك ، بالبكتريا المنتجة للنكهة Aroma - producing bacteria . وفي بعض الحالات قد تسبب هذه البكتريا لزوجة في اللبن .

ومن أهم أفراد هذا الجنس ، في الصناعات اللبنية

Leuc. citrovorum , Leuc. dextranicum

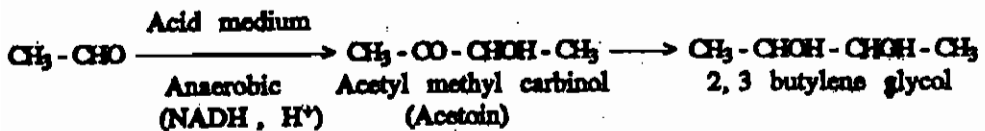
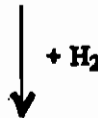
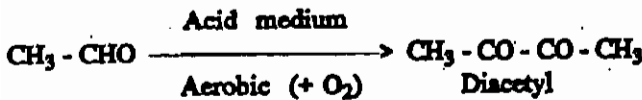
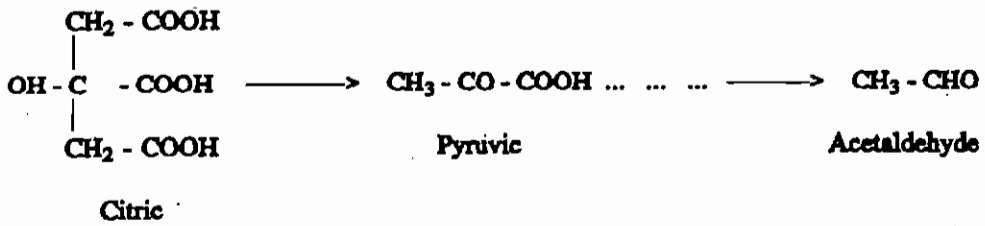
A. Streptococcus lactisB. Streptococcus cremorisC. Lactobacillus sp.

شكل ٧-١ : أنواع بكتيريا حامض اللاكتيك الهامة في الألبان .

A. Streptococcus lactis B. Streptococcus cremoris C. Lactobacillus sp.

وتعتبر نواتج تخمر حامض الستريك ، المتكونة بتأثير بكتريا اللوكونوستوك ، هي المسئولة عن الطعم ، والنكهة ، الموجودة بالمنتج اللبني . ومن هذه المواد ، الداي أسيتايل ، والأسيتوين (أسيتل ميثل كربينول)، و ٢ ، ٣ بيوتيلين جليكول ، وبعض الأحماض الطيارة كالخليك والبروبيونيك ، وغاز ثانى أكسيد الكربون .

لاستطيع بكتريا *Leuconostoc* إنتاج النكهة المطلوبة ، إلا اذا توفر بالوسط الحموضة الكافية . ويوفر هذه الحموضة ، بكتريا حامض اللاكتيك مثل *S. lactis* ، *S. cremoris* الموجودة بالبادىء ، التى تنمو بسرعة ، وتكون حامض اللاكتيك . وعند وصول pH اللبن إلى أقل من ٤,٥ ، يقف نمو بكتريا *Leuconostoc* ، ولكن تنشط إنزيماتها وتحلل حامض الستريك ، الموجود أصلا باللبن عند حليبه ، وبذلك تتكون المواد المكسبة للطعم ، والنكهة ، حسب المعاملة العامة التالية



من أنواع البكتريا الأخرى الموجودة باللبن الحليب

- بكتريا القولون *Coliforms*

هذه البكتريا ، عسوية ، قصيرة مفردة ، سالبة لصبغة جرام ، غير متجترمة ، متحركة ، إختياريّة للهواء . من أهم أفرادها

Escherichia coli , *Enterobacter aerogenes*

وهي تحلل سكر اللاكتوز ، وتكون أحماضا ، مثل اللاكتيك ، والخليك ، والفورميك ، وغازاتا ، مثل CO_2, H_2 . وبكتريا *E. coli* تكون حامضا أكثر ، وغازاتا ، أقل ، من *Enterobacter* .

تصل بكتريا القولون إلى اللبن ، عن طريق الأوعية ، والروث ، والأعلاف ، والأتربة . ووجود بكتريا القولون في اللبن ، أو في منتجاته ، غير مرغوب فيه . فوجودها ، دليل على الإهمال في الإنتاج ، وعدم مراعاة للظروف الصحية .

وتسبب بكتريا القولون ، بعض العيوب في اللبن ومنتجاته ، بالإضافة إلى أنها تكون غازاتا ، وروائح غير مقبولة قنرة ، وطعما مرا لتكون حامض الفورميك . كما أن وجود بكتريا القولون ، في اللبن المبستر أو في منتجاته ، يؤخذ كدليل على تلوث اللبن بعد البسترة .

- جنس *Clostridium*

هذه البكتريا ، عسوية ، متجترمة ، موجبة لصبغة جرام ، لاهوائية ، منها المحلل للبروتينات ، ومنها المحلل للسكريات .

الأنواع المحللة للبروتينات ، تنتج باللبن طعما ، وروائح غير مرغوب فيها . أما المحللة للسكريات ، فإنها تحلل سكر اللاكتوز ، وتكون أحماضا ، وغازاتا (CO_2, H_2) ، وقد تكون كمية الغازات المتكونه كبيرة ، لدرجة أن الغاز الناتج ، يجرىء الخثرة إلى قطع صغيرة ، مسببا تخمرا عاصفيا . ومصدر هذه الميكروبات ، الروث ، والسماذ العضوى ، والأتربة .

Milk grades

درجات اللبن

يشترط في اللبن الجيد ، أن يكون ذا قيمة غذائية عالية ، وقوة حفظ Keeping quality جيدة ، وله طعم ورائحة مرغوبة ، وأن يكون نظيفاً ، مأموناً للشرب ، وتتخذ الأعداد العالية من البكتيريا الموجودة باللبن ، كدليل على سوء الإنتاج والتداول ، واحتمال التلوث بميكروبات مرضية .

يقدر عدد البكتيريا الموجودة باللبن ، بطريقة الأطباق ، وهي الأكثر شيوعاً ، أو بطريقة العد المباشر بالميكروسكوب ، أو بشرية بريد Breed ، أو بسرعة تكون الحامض ، أو بإختبارات الإختزال ، للون دليل الأزرق المثلين ، من الأزرق إلى عديم اللون ، أو صبغة الريزازورين Resazurin ، وهنا يزول لون الصبغة تدريجياً بالإختزال ، من الأزرق ، إلى البنفسجي ، إلى الوردي ، إلى عديم اللون .

وعلى أساس عدد الميكروبات الموجودة باللبن ، يقسم اللبن إلى درجات (جدول ٧-٣) ، على أن يكون اللبن ، في جميع الأحوال ، خالياً من الميكروبات المرضية .

جدول ٧-٣ : درجات اللبن

الدرجة	العدد الكلي للبكتيريا / مل لبن لايزيد عن		عدد بكتيريا القولون / مل لبن لايزيد عن
	اللبن الخام	اللبن المبستر	
أ	٢٠٠.٠٠٠	٣٠.٠٠٠	١ - ٥
ب	١.٠٠٠.٠٠٠	٥٠.٠٠٠	١٠
جـ	بدون تحليل	بدون تحليل	بدون تحليل

ومن العوامل التي تؤثر على جودة اللبن

المضادات الحيوية

يستعمل الكثير من المضادات الحيوية ، كالبنسلين والإستربتوميسين والأوروميسين ، وغيرها ، فى علاج الحيوانات المريضة ، أو المصابة بالتهاب الضرع ، وتفرز كمياتا من هذه المضادات ، فى اللبن الناتج من الحيوان المعالج . ووجود هذه المضادات باللبن (أكثر من ٠,٠٥ وحدة دولية من البنسلين / مل لبن ، وذلك فى حالة البنسلين ، كمثال) ، يسبب متاعب عندما يستخدم هذا اللبن فى صناعة الألبان المتخمرة ، والجبن ، حيث أن هذه المضادات ، تثبط نمو البكتريا المستخدمة كبائنات ، فى صناعة المنتجات اللبنية .

لذلك ، فإنه ينصح بعدم استخدام اللبن الناتج من الحيوانات المعالجة بالمضادات ، خلال ٣ أيام ، بعد إعطاء آخر حقنه للحيوان .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن وجود المضادات باللبن ، غير مرغوب فيه ، لما يسببه ذلك اللبن ، من حساسية للمستهلك ، وما يكونه من سلالات ميكروبية منيعه للمضادات .
ولهذا ، فإن كثيرا من الدول ، تحرم إستعمال المضادات ، كمادة حافظة فى اللبن .

ولا يوجد حتى الان ، إختبار سريع ، للكشف عن المضادات الحيوية باللبن . والإختبار المستعمل ، يعتمد على حساسية بكتريا S. thermophilus للمضادات الحيوية .

ولإجراء الإختبار ، يلحق اللبن ، بمزرعة نشطة من تلك البكتريا ، مع ليل الريزازورين ، ثم التحضين لمدة ٤٥ دقيقة . وفى حالة وجود مضادات حيوية باللبن ، يقف نمو ميكروب الإختبار ، فلا يحدث إختزال للون الصبغة ، خلال فترة التحضين .

البكتريوفاج

تلوث الألبان ، أو مزارع البائنات ، المستخدمة فى صناعة المنتجات اللبنية ، بالفاجات المحللة لها ، أمر غير مرغوب فيه ، ويأتى التلوث من الهواء والتربة ، فى معامل الألبان .

لذلك ، فإنه يجب تجنب تلوث مزارع البائنات اللبنية ، عند إعدادها ، وتداولها ، واستعمالها . ومن المفضل ، استعمال مرشحات الألياف الزجاجية Fiber glass ، لحجز الفاجات من الهواء ، الداخلى إلى معامل تحضير البائنات ، ومعامل الألبان .

تأثير درجات الحرارة على ميكروبات اللبن

الميكروبات التى تتواجد باللبن ، ذات إحتياجات حرارية مختلفة . فمنها المحب للبرودة ، الذى يستطيع النمو قرب الصفر المئوى ، ومنها المحب للحرارة المتوسطة ، الذى يسود على درجة حرارة الغرفة ، ومنها المحب للحرارة المرتفعة ، حيث يستطيع النمو على درجات حرارة أعلى من 65°C ، ومنها المقاوم للحرارة ، أى يعيش بعد البسترة .

لذلك ، فإن التغيرات التى تحدث باللبن فى : اللون ، والطعم ، والقوام ، والتركيب ، تتوقف على الظروف المحيطة باللبن ، خاصة درجات الحرارة . فدرجة الحرارة ، وطول المدة التى يحفظ عندها اللبن ، تؤثر على نوع ، وعدد الميكروبات ، الموجوده به ، وبالتالي على نوع الفساد الناتج (جدول ٧-٤) .

ويلاحظ أنه

- عند درجات الحرارة المنخفضة ، يقف نشاط البكتريا المنتجة للأحماض ، وتنشط البكتريا المحللة للبروتين .
- وعند درجات الحرارة المتوسطة ، تنشط البكتريا المنتجة للأحماض ، ويقل نشاط البكتريا المحللة للدهون والبروتين .
- وفى درجات الحرارة العالية ، أو عند غلى اللبن ، تموت البكتريا المنتجة للأحماض ، وتبقى جرثيم البكتريا التى تنمو وتنشط ، وتحلل البروتين .

جدول ٧-٤ : تأثير درجات الحرارة المختلفة على البكتيريا السائدة باللبن الخام

درجة حرارة الحفظ م°	التغير في أعداد الميكروبات	أنواع الميكروبات السائدة ومظهر التغير باللبن
١ - ٤	إنخفاض بطيء في الأعداد خلال الأيام الأولى ، يعقبه زيادة تدريجية بعد ٧-١٠ أيام	<i>Alcaligenes</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Pseudomonas</i> مع حدوث تغير في الطعم
٤ - ١٠	تغير طفيف في الأعداد خلال الأيام الأولى ، يعقبه زيادة سريعة في الأعداد ، وتصل إلى أعداد كبيرة خلال ٧-١٠ أيام	البكتيريا السابقة المحبة للبرودة . مع حدوث : تلون ، مخاطية ، تجبن حامض ، تحلل بروتيني
١٠ - ٢٠	زيادة سريعة في الأعداد ، وتصل لأعداد كبيرة خلال بضعة أيام ، أو أقل	أساسا الأنواع المنتجة للحموضة من بكتيريا حامض اللاكتيك الكروية (ستربتوكوكاي) مع حدوث حموضة
٢٠ - ٣٠	ارتفاع كبير في الأعداد خلال ساعات	بكتيريا حامض اللاكتيك الكروية ، بكتيريا القولون ، البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة . مع حدوث حموضة ، غازات ، تغير في الطعم

تابع جدول ٧-٤ :

نوع الميكروبات السائدة ومظهر التغير باللبن	التغير في أعداد الميكروبات	درجة حرارة الحفظ م°
سيادة بكتريا القولون مع حدوث تجبن حامض، روائح قنرة ، وطعم مر	ارتفاع كبير في الأعداد خلال ساعات	٣٧ - ٣٠
سيادة بكتريا حامض اللاكتيك التي تستطيع النمو على درجات حرارة مرتفعة مثل : <i>S. faecalis</i> , <i>S. thermophilus</i> <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. thermophilus</i> مع حدوث تجبن حامض	ارتفاع كبير في الأعداد خلال ساعات	٥٠ - ٣٧
الميكروبات المحبة للحرارة المرتفعة مثل : <i>B. coagulans</i> , <i>B. stearothermophilus</i> مع حدوث تغير في الطعم ، تكون حموضة ، وتجبن حامض أو إنزيمى	ارتفاع كبير في الأعداد خلال ساعات	٦٠ - ٥٠ وأكثر

العمليات التي يتعرض لها اللبن بعد حليبه

التبريد Cooling

عقب الحليب ، يبرد اللبن مباشرة إلى درجة $4-10^{\circ}\text{C}$ ، لإيقاف نمو وتكاثر الميكروبات الموجودة به ، ويجب المحافظة على هذه الدرجة ، عند نقل اللبن ، وتداوله ، وتخزينه للإستهلاك ، أو التصنيع .

البسترة Pasteurization

تعتبر البسترة ، من طرق حفظ اللبن المناسبة ، لأنها تحافظ على مكوناته الغذائية ، خاصة الفيتامينات والكالسيوم ، ولا تؤدي إلى تغير يذكر في طعمه ، أو مظهره .

وتتم البسترة ، بتسخين اللبن لدرجة حرارة أقل من الغليان ، حيث يتم القضاء على $90 - 99\%$ ، من البكتيريا الحية الموجودة به ، ويتضمن ذلك ، القضاء على أغلب الميكروبات المفسدة ، وكل الميكروبات المرضية ، التي من بينها ميكروب السل ، وهو من أشد الميكروبات المرضية غير المتجرئة ، الموجودة باللبن ، مقاومة للحرارة ، حيث يموت بتعرضه لدرجة حرارة $61,1^{\circ}\text{C}$ ، لمدة ١٠ دقائق .

وقد لوحظ أخيرا ، أن الريكتسيا المسماه Coxiella burnetii ، المسببة لمرض Query fever (Q-fever) ، تنتقل أيضا عن طريق اللبن . وهذه الريكتسيا أكثر مقاومة للحرارة من بكتيريا السل ، حيث تموت عند درجة $61,7^{\circ}\text{C}$ لمدة ٣٠ دقيقة . لذلك عدلت معاملة البسترة البطيئة ، من $61,7^{\circ}\text{C}$ لمدة ٣٠ دقيقة ، إلى $62,8^{\circ}\text{C}$ لمدة ٣٠ دقيقة .

للبيسترة طريقتان :

البطيئة Low Temperature Holding Method, LTHM ، وفيها يعامل اللبن ، على درجة $62,8^{\circ}\text{C}$ لمدة ٣٠ دقيقة .

والبيسترة السريعة High Temperature Short Time Method, HTST ، وفيها يعامل اللبن ، على درجة $71,7^{\circ}\text{C}$ لمدة ١٥ ثانية .

عقب البسترة ، يبرد اللبن إلى درجة ٥°م ، ثم يعبأ فى زجاجات معقمة نظيفة ، ويمكن حفظه لمدة اسبوع على هذه الدرجة المنخفضة (٥°م) ، حيث يقف نشاط الميكروبات التى نجت بعد البسترة . ويجب المحافظة على اللبن المبستر من إعادة تلوثه ، من العمال ، أو الأوانى ، أو الذباب .

ومن أهم الميكروبات المفسدة للبن المبستر ، المحفوظ على درجة حرارة منخفضة ، هى البكتريا المحبة للبرودة .

يتبقى بعد البسترة ، البكتريا المقاومة للحرارة Thermodurics والبكتريا المحبة للحرارة المرتفعة ، والبكتريا المتجترمة .

ومن أمثلة أنواع البكتريا ، التى تتبقى بعد البسترة

1- Thermoduric lactics , e.g.

S. cremoris , S. faecalis , S. thermophilus

L. bulgaricus , L. thermophilus

2- Thermoduric micrococci , e.g.

M. luteus , M. varians

3- Microbacterium lacticum

4- Sporeformers , e.g. Bacillus , Clostridium

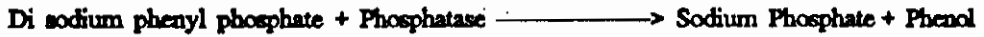
Phosphatase test

إختبار الفوسفاتيز

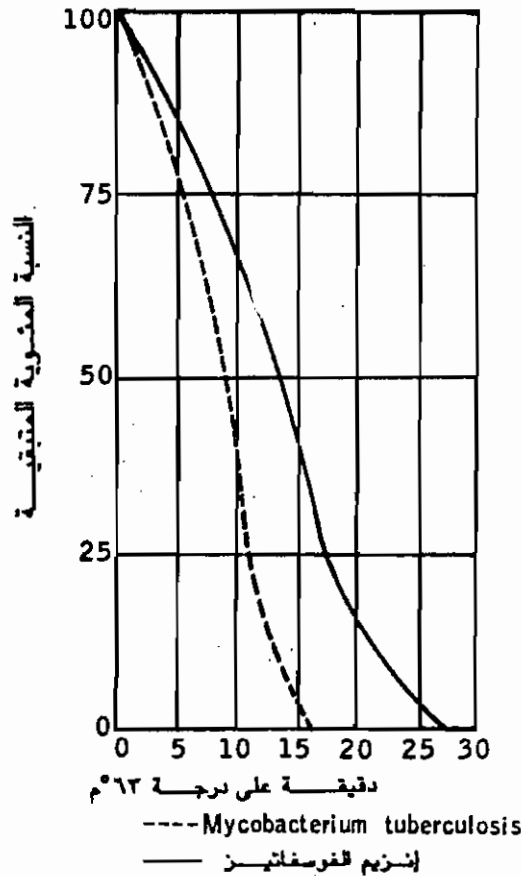
يوجد إنزيم الفوسفاتيز ، فى اللبن الخام وفى كثير من الأنسجة ، وهو لا يوجد فى اللبن المبستر ، لأنه يتلف بالبسترة . لذلك يؤخذ إختبار إنزيم الفوسفاتيز ، كدليل على مدى كفاءة عملية البسترة ، وخلو اللبن من الميكروبات المرضية (شكل ٧-٢) .

لإجراء الإختبار ، يضاف جزء من اللبن المراد إختباره ، إلى مادة فوسفاتية هى داي صوديوم فينيل فوسفات ، ومحلول من بورات الصوديوم $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ مع صودا كاوية . ويحضن الخليط على درجة ٤٠°م لمدة ١٥ دقيقة .

إذا كان الإنزيم موجودا ، فإنه يحلل المادة الفوسفاتية ، وينفرد
منها الفوسفات ، والفينول ، حسب المعادلة



(Substrate) (الإنزيم من اللبن)



شكل ٧-٢ : تأثير بستر اللبن لغترات على درجة ٦٢°م ، على البكتريا المرضية (ممثلة
ببكتريا السل) وإنزيم الفوسفاتيز .
لاحظ أنه في جميع الغترات ، يكون موت البكتريا أسرع من تلف الإنزيم

يكشف عن الفينول المتكون ببليل CQC ، 2,6 di chloro quinone chloro imide ، في وجود كبريتات النحاسيك Cu SO_4 كعامل مساعد . فإذا تكون لون أزرق من الإندوفينول Endo phenol ، دل ذلك على وجود إنزيم الفوسفاتيز ، وبالتالي يدل على عدم كفاءة عملية البسترة . ويمكن استخلاص اللون الأزرق بواسطة كحول البيوتانول ، ومقارنة درجة اللون المتحصل عليها ، مع ألوان قياسية .

إختبار بكتريا القولون

توجد بكتريا القولون عادة ، في اللبن قبل البسترة ، ومصدرها الأواني ، والأعلاف ، والتربة ، والأسمدة العضوية ، والمياه الملوثة . ولا يعتبر وجودها باللبن بالضرورة ، دليلاً على التلوث بالمواد البرازية ، لأن مصدرها الرئيسي في اللبن هو الأواني ، والأعلاف . وتقتل بكتريا القولون بالبسترة ، ويكشف عن وجودها بالطرق المتبعة ، في فحص مياه الشرب ، السابق ذكرها في الفصل الثالث .

يعنى وجود بكتريا القولون باللبن المبستر ، عدم كفاءة البسترة . ولكن عادة ، ما تختبر كفاءة البسترة ، بإجراء إختبار إنزيم الفوسفاتيز ، لسهولة وسرعة الحصول على نتائجه . وإذا كان إختبار إنزيم الفوسفاتيز سالباً ، فإن وجود بكتريا القولون ، في اللبن المبستر ، يدل على حدوث تلوث بعد البسترة ، من الأجهزة والأواني ، أو من متداولي اللبن ، وعدم الإهتمام بالنظافة ، أو من إضافة لبن غير مبستر . هذا بالإضافة ، إلى أن وجود بكتريا القولون في اللبن ، المعد لصناعة الجبن ، يحدث تغيرات غير مرغوب فيها ، في الطعم ، والرائحة ، وحدث حموضة ، وتضمر غازي .

Sterilization

تعقيم اللبن

تسبب الميكروبات المتجرثة الموجودة باللبن ، تغيراً في الطعم ، والحموضة ، والتركيب ، مما يسبب مشاكل عديدة في الصناعات اللبنية ، لذلك ، يلجأ المنتج لتعقيم اللبن ، تعقيماً تجارياً . ويعتبر التعقيم ، من معاملات حفظ اللبن ، التي يعامل فيها اللبن ، بدرجة حرارة أعلى من الغليان ، للتخلص من كل الميكروبات الخضرية ، وأغلب البكتريا المتجرثة ، وإن كان يتبقى بعض الجراثيم ، غير القادرة على النمو ، تحت ظروف التخزين العادية ، مثل B. coagulans ، B. stearothermophilus .

يوجد معاملتان لتعقيم اللبن

- ١- المعاملة على درجة ١١٠ - ١٢٠°م ، لمدة تتراوح بين ١٠ - ٢٠ دقيقة ، وذلك بعد التعبئة في عبوات مناسبة ، كالزجاج أو العلب المعدنية . ويطلق على الناتج ، لبن معقم Sterilized milk .
- ٢- المعاملة على درجة ١٣٥ - ١٥٠°م ، لمدة تتراوح بين ٢ - ١٥ ثانية ، وذلك قبل التعبئة ، التي تتم في ظروف كاملة التعقيم . ويطلق على الناتج ، لبن معامل بدرجات حرارة شديدة الارتفاع Ultra High Temperature milk (UHT milk) .

يعادل اللبن المعقم ، في قيمته الغذائية ، اللبن المبستر ، ولكن يمتاز عنه ، بعدم الحاجة إلى الحفظ بالتبريد بعد المعاملة ، كما أن مدة حفظ أطول بكثير من اللبن المبستر ، تصل لعدة شهور ، على درجة حرارة الغرفة .

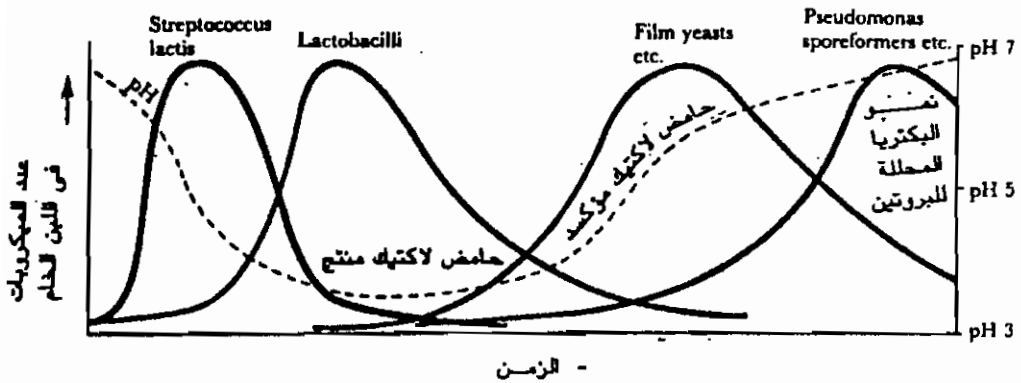
وتختبر كفاءة التعقيم ، بتحضين العينة على درجة ٣٢°م لمدة ١٤ يوما ، والتحضين على درجة ٥٥°م لمدة ٧ أيام . وعدم زيادة pH العينة ، بعد التحضين ، بأكثر من ٠,٢ درجة pH ، يدل على كفاءة التعقيم .

فساد اللبن

يرجع الفساد البكتريولوجي باللبن ، إلى نمو البكتريا ونشاطها ، وتجمع نواتج عمليات التمثيل التي تقوم بها ، مما يسبب حدوث الفساد ، بمظاهره المختلفة .

حموضة اللبن Souring

تبلغ حموضة اللبن عند حليبه ، حوالى ٠,١ - ٠,٢ % ، وهذه أغلبها حامض ستريك . ويحدث باللبن تخمرات عديدة ، وأهمها تحول سكر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك ، بتأثير أنواع مختلفة من الميكروبات . فإذا ماترك اللبن بعد حليبه ، على درجة حرارة الغرفة (شكل ٧-٣) ، فإن البكتريا المسببة للحموضة ، تنمو أسرع من غيرها وتسد ، وتحول سكر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك . ويتجمع الحامض



شكل ٧-٣ : التغير في أعداد وأنواع الأحياء الدقيقة في اللبن الخام المتروك على درجة حرارة الغرفة لفترة من الزمن

لاحظ زيادة الحموضة (إنخفاض تركيز أيون الأيسروجين) ، في البداية ، أثناء تخمر سكر اللاكتوز ، ثم نقص الحموضة أخيراً ، لتمثيل حامض اللاكتيك ، وتجمع النواتج القلوية من تحلل الكازين

تدرجياً ، إلى أن تصل حموضة اللبن إلى ٠,٥ - ٠,٦ ٪ (مقدرة كحامض لاكتيك) ، فيتجبن اللبن Curdle ، ويصنث هذا التجبن الحامضي Acid coagulation عند pH ٤,٦ - ٤,٨.

وفي عملية تطور الحموضة باللبن (جدول ٧-٥) ، تنشط أولاً *S. lactis* ، ثم يساعد على تطور الحموضة ، نشاط الأنواع الكروية الأخرى وبكتريا القولون ، وتتراكم الحموضة حتى تصل إلى ١,٠ ٪ ، مقدرة كحامض لاكتيك (حوالي pH ٤,٣) . ثم تتكاثر الأنواع التي تتحمل الحموضة العالية من جنس *Lactobacillus* ، وتزداد الحموضة حتى تصل إلى ٢,٠ ٪ ، أو أكثر.

جول ٧-٥ : حموضة اللبن

أهم الميكروبات المسببة	مصدر الميكروبات	مادة التفاعل والنواتج النهائية
Streptococcus, e.g. S. lactis, S. cremoris بكتريا متجانسة التخمر	أوعية اللبن ، والأعلاف	تخمر سكر اللاكتوز ، وتكون حامض لاكتيك
Micrococcus , e.g. M. luteus , M. varians بكتريا تتحمل حرارة البسترة	الفرد الثديية بالحيوان ، وأوعية اللبن	تخمر اللاكتوز لأحماض عضوية ، وهي بكتريا محله أيضا للبروتين
Coliforms , e.g. E. coli Enterobacter aerogenes بكتريا خليطه التخمر	الأوعية ، الأعلاف ، التربة ، الأسمدة العضوية ، المياه الملوثة	تخمر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك ، ونواتج أخرى
Microbacterium lacticum تتحمل حرارة ٨٠-٨٥° م لمدة ١٠ دقائق	الأوعية ، الأسمدة العضوية	تخمر اللاكتوز تخمرا مختلطا mixed
Lactobacillus منها متجانس التخمر مثل L. casei, L. plantarum ومنهما خليط التخمر مثل L. brevis , L. fermenti	الأعلاف ، الأسمدة العضوية	تخمر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك ، ونواتج أخرى

بكتريا حامض اللاكتيك ، تكون خثرة ناعمة صلبة ، بدون انفصال للشرش . أما بكتريا القولون ، فإنها تكون خثرة ضعيفة ، تنكمش مع انفصال الشرش ، كما يظهر بها فقاقيع غازية (تخمر غازي) .

عند pH ٤- ، يقف نشاط البكتريا المنتجة للأحماض ، وتنشط الخمائر الغشائية والفطريات ، خصوصا على السطح ، حيث تستهلك حامض اللاكتيك والأحماض العضوية كمصدر غذائي لها ، فتتناقص الحموضة تدريجيا باللبن ، وبذلك تنتهي الظروف ، لنشاط البكتريا المحللة للبروتين : هوائيا ، بدون روائح كريهة ، أو لاهوائيا ، مع حدوث تعفن .

لا تحدث حموضة غالبا باللبن المبستر ، بسبب قتل أغلب الميكروبات المخمرة لسكر اللاكتوز المنتجة للحموضة . ولكن يحدث باللبن المبستر ، تجبن حلو (إنزيمي) ، ثم هضم للخثرة ، وتعفن بالبكتريا المحللة للبروتين ، بواسطة الميكروبات المتبقية باللبن بعد عملية البسترة .

Sweet curdling

التجبن الحلو (الإنزيمي)

تفرز بعض أنواع البكتريا ، إنزيما يشبه الرنين Renin-like enzyme ، يرسب الكازين ، في صورة باراكازينات الكالسيوم ، بدون تحلل اللاكتوز ، وبدون أيضا حدوث إرتفاع محسوس في الحموضة ، فيحدث ما يسمى بالتجبن الحلو ، أو الإنزيمي .

وعادة ما يتبع هذا التجبن ، تحلل للبروتين ، أي هضم للخثرة التي تكونت Peptonization ، مع تراكم كميات من النواتج النتروجينية الذائبة ، التي تسبب طعما مرا في اللبن .

ومن أهم الميكروبات المسؤولة عن هذا الفساد

Bacillus , Pseudomonas , Streptococcus liquefaciens

تغير اللون والطعم

يرجع لون اللبن الأبيض ، المائل قليلا للصفرة ، إلى مادة الكاروتين الموجودة بالحشائش ، والنباتات الخضراء ، بعليقة الحيوان ، وهي مادة صفراء اللون ، تكون فيتامين أ .

وعند ترك اللبن لمدة طويلة ، فى أماكن غير نظيفة ، وغير جيدة التهوية ، ينمو باللبن الميكروبات المفترزة للصبغات ، على سطح اللبن ، وتسبب تلونه . كما يحدث تغيرا فى طعم اللبن ، بسبب نشاط البكتريا والميكروبات الأخرى ، المحللة للبروتين والدهون (جدول ٦-٧) . ومعظم هذه الميكروبات ، تنمو على درجات الحرارة المنخفضة .

جدول ٦-٧ : تغيرات اللون والطعم فى اللبن

تغيرات الطعم		تغيرات اللون	
أهم المسببات	الطعم	أهم المسببات	اللون
<i>B. subtilis</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>S. liquefaciens</i> , <i>Torula</i>	المر Bitter	<i>Pseudomonas synchyanea</i>	أزرق
<i>Coliforms</i>	الزفر Stale القنر Dirty	<i>P. fluorescens</i>	أزرق مخضر
<i>Achromobacter</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Geotrichum</i>	الزنخ Rancid	<i>Micrococcus flavum</i> <i>Sarcina lutea</i>	أصفر
<i>Candida</i> , <i>Torula</i>	الخمائر	<i>Achromobacter prodigiosum</i> <i>Sarcina rosea</i> <i>Serratia marcescens</i> <i>Torula rosea</i>	أحمر

تكون الغازات وتحلل البروتين والدهون فى اللبن

إذا توفرت الظروف المناسبة ، فإن الميكروبات الموجودة باللبن تنشط ، وتحدث تغيرات أخرى خلاف ما ذكر سابقا .
فقد يحدث تخمر غازى *Gas production* ، أو حالة مخاطية *Robiness* ، أو تحلل للبروتينات ، هوائى *Proteolysis* ، أو لاهوائى تعفن *Putrefaction* ، أو تحلل للدهون وتزنخ *Lipolysis & Rancidity* (جدول ٧-٧) .

جدول ٧-٧ : تكون الغازات وتحلل البروتين والدهون في اللبن

نوع التغير	أهم الميكروبات المسببة	مصدر الميكروبات	مادة التفاعل والناتج النهائية
تكون غازات Gas production	Coliforms Cl. butyricum Cl. perfringens Candida Torula cremoris	الأوعية ، الأعلاف، التربة، الماء ، الروث ، الأسمدة الغضوية	تحلل سكر اللاكتوز، وتكون غازات : CO ₂ , H ₂
اللبن اللزج (الخيطي) Roby or stringy milk	Alcaligenes viscolactis Enterobacter aerogenes S. cremoris	الأعلاف، التربة، الماء	تمثيل السكريات، والبيتيدات ، وتكون مواد كسولية لزجة
تحلل البروتينات هوائى Proteolysis	Bacillus, e.g. B. subtilis B. cereus Pseudomonas Proteus S. liquefaciens Geotrichum Penicillium	الأوعية ، التربة، الماء	تحلل الكازين هوائى، إلى بيتيدات، وأحماض أمينية ، وقد يسبق ذلك تجبن إنزيمى قد يحدث تلون ، وروائح ، وطعم غير مقبول

تابع جدول (٧-٧) :

نوع التغير	أهم الميكروبات المسببة	مصدر الميكروبات	مادة التفاعل والنواتج النهائية
تحلل البروتينات لاهوائى ، تعفن Putrefaction	Clostridium, e.g. Cl. sporogenes	الأوعية ، التربة، الماء	تحلل الكازين لاهوائى ، إلى أمينات، وإنحول ومركبتان ، وأمونيا تكون روائح غير مقبولة
تحلل الدهون Lipolysis	Achromobacter Pseudomonas fluorescens Candida Geotrichum Penicillium	الأوعية ، التربة، الماء	تحلل دهن اللبن إلى جليسرول وأحماض دهنية حدوث تزنخ

الأمراض التى تنتقل عن طريق اللبن Milk - borne diseases

المصدرين الهامين لتلوث اللبن بالميكروبات المرضية ، هما : الحيوان (جدول ٧-٨) ، والإنسان (جدول ٧-٩) سواء أكان مريضا ، أو حاملا للميكروب .

وأفضل طرق الوقاية ، هى عزل مصدر الإصابة ، وبسترة اللبن .

جدول ٧-٨ : أمراض تنتقل من الحيوان المصاب ، إلى اللبن ، إلى الإنسان ، أو الحيوان .

الممرض	المسبب	مظهر الإصابة
إلتهاب ضرع الحيوان Mastitis	Streptococcus, e.g. S. pyogenes Staphylococcus aureus	حمى قرمزية بالإنسان وأمرض بالجهاز التنفسي تسمم غذائي وإضطرابات معوية
السل	Mycobacterium bovis	سل في الإنسان ، والحيوان، والعديد من الثدييات
البروسيلة	Brucella, e.g. B. abortus B. suis B. melitensis	تسبب الاجهاض المعدى في الحيوان ، وتسبب الحمى المتقطعة (حمى مالطا) في الإنسان
حمى Q	Coxiella burnetii	حمى وإلتهابات رئوية بالإنسان
التسمم بالسالمونيلا	Salmonella, e.g. S. enteritidis S. typhimurium	يسبب حمى بالحيوان ، وتسمم غذائي بالإنسان

جدول ٧-٩ : أمراض تنتقل من الإنسان (المصاب أو الحامل للميكروب) ، إلى اللبن ، إلى الإنسان

المرض	المسبب	مظهر الإصابة
أمراض معوية		
التيفوئيد الباراتيفوئيد	<i>Salmonella typhi</i> <i>S. paratyphi</i>	حمى التيفوئيد حمى الباراتيفوئيد
الدوسنتاريا		
باسيلية	<i>Shigella spp.</i>	الدوسنتاريا
أميبية	<i>Entamoeba histolytica</i>	الدوسنتاريا
الكوليرا	<i>Vibrio cholera</i>	الكوليرا
أمراض بالجهاز التنفسي		
السل	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	سل الإنسان
الدفتريا	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	الدفتريا (الخناق)
حمى قرمزية ، والتهاب الزور المعدي	سلالات من : <i>Streptococcus pyogenes</i>	طفح أحمر على الجسم ، التهابات بالزور ، والجهاز التنفسي

الفيروسات التي تنتقل عن طريق اللبن ومنتجاته

ينتقل عن طريق اللبن ومنتجاته : فيروسات الجهاز التنفسي
Adenoviruses ، وفيروسات الإلتهاب الكبدي Hepatitis ، وفيروسات الأمعاء
Enteroviruses ومنها فيروس شلل الأطفال ، كما ينتقل فيروسات الحمى
القلاعية .

التسممات الغذائية التي يسببها اللبن

قد يسبب اللبن بعض التسممات الغذائية ، نتيجة توكسينات يفرزها الميكروب النامي ، أو نتيجة عدوى ميكروبية (جدول ٧-١٠) .

وللوقاية من هذه التسممات ، يراعى النواحي الصحية فى الإنتاج ، والتداول ، والتسويق ، مع جودة البسترة ، والحفظ على درجات حرارة منخفضة .

جدول ٧-١٠ : امراض تسببها سموم ميكروبية

المسبب	مدة الحضانة ساعة	أعراض المرض
١- توكسين خارجى مقاوم للحرارة يفرزه <i>Staphylococcus aureus</i>	١ - ٦ (٣)	إضطرابات معوية
٢- نتيجة عدوى من : <i>Salmonella</i> sp.	٧ - ٣٠ (٢٤)	إضطرابات معوية
<i>B. cereus</i>	١٠ - ٢٤	إضطرابات معوية
<i>E. coli</i>	١٠ - ٢٤	إضطرابات معوية

الألبان المكثفة المحلاة Sweetened condensed milk

تصنع هذه الألبان من اللبن الكامل ، أو اللبن الغرز ، المتوفرة بها شروط النظافة ، والإنتاج الصحي السليم .
يسخن اللبن تسخيناً مبدئياً ، على درجة ٩٤ - ١٠٠°م لمدة ٢٠ دقيقة ، لقتل معظم ما به من ميكروبات ، ثم يضاف السكر بنسبة حوالى ٢٠% ، ثم يكثف الناتج ، على درجة ٥٥°م ، تحت تفريغ ٢٥ رطل / بوصة^٢ ، حتى تصل نسبة الماء باللبن إلى حوالى ٣٠% ، ثم يعبأ فى علب ، تحت تفريغ Vacuum packaging

عامل الحفظ الرئيسى بهذا اللبن ، هو السكر . وإذا حدث فساد ، فإنه يعود إلى :
عدم كفاءة التسخين المبدئى ، التلوث بعد المعاملة ، عدم نظافة الأوعية ، والحفظ خارج الثلاجة .

من أنواع الفساد الهامة التى يتعرض لها هذا اللبن

١- تكوين بقع (أزرار) ملونه على السطح Colored buttons .
ويحدث ذلك ، نتيجة نمو الفطريات ، التى تتحمل الضغط الأسموزى المرتفع ، مثل بعض الأنواع الفطرية ، التابعة لأجناس :

Alternaria , Aspergillus , Cladosporium , Penicillium

٢- تكوين غازات ، وانتفاخ العلب المعبأة .
ويحدث ذلك ، نتيجة تخمر سكر اللاكتوز ، والسكروز ، وتكون غازات من CO_2 , H_2 .
ومن أهم مسببات هذا الفساد : *Coliforms , Torula* .

اللبن المجفف Dried milk

التجفيف ، هو عامل الحفظ بالأغذية المجففة ، الذى يمنع نمو وتكاثر الميكروبات . ويعتبر اللبن المجفف - مادام محتفظاً بحالته الجافة - من أقل المنتجات اللبنية ، تعرضاً للفساد الميكروبي .

يسخن اللبن تسخيناً مبدئياً ، على درجة 85°C لمدة ٢٠ دقيقة ، لقتل أغلب مابه من ميكروبات . ثم يجفف اللبن ، بالإمرار على أسطوانات ساخنة على درجة 148°C (بدون تفريغ) ، أو على درجة 100°C (تحت تفريغ) ، وقد يجفف اللبن ، بطريقة الرشاشات فى مقابلة هواء جاف .
يعبأ اللبن المجفف بسرعة ، لمنع إعادة امتصاص الرطوبة ، وذلك تحت تفريغ ، فى أوعية مبطنة محكمة ، لمنع وصول الرطوبة .

لا تزيد نسبة الرطوبة باللبن المجفف عن ٥% ، وهو يصلح لتغذية الأطفال . وتشترط المواصفات الأمريكية ، أن لا يزيد عند الميكروبات / جم لبن مجفف ، عن ٥٠ ألف للدرجة أ ، وعن ١٠٠ ألف للدرجة ب .

يحفظ اللبن المجفف ، مع المحافظة على حالته الجافة ، على درجة حرارة منخفضة ، وإلا فإنه يفسد بالميكروبات المتبقية بعد المعاملة الحرارية ، والتي من أهمها :

*Bacillus , Microbacterium ,
Thermophilic micrococci ,
Streptococci & Lactobacilli*

وهذه الميكروبات ، بالإضافة إلى إفسادها للبن المجفف ، فإنها تحدث عيوباً بالمنتجات اللبنية ، التى يبخل فى صناعتها اللبن المجفف .

وجود خمائر ، أو فطريات ، أو بكتيريا القولون ، أو ميكروبات مرضية باللبن المجفف ، يعنى عدم العناية بعمليات التعبئة ، والتخزين .

وعند إعادة إسترجاع اللبن المجفف للإستهلاك *Reconstitution* ، يراعى استعمال ماء نظيف ، وأوعية نظيفة ، مع التداول السليم ، والحفظ على درجات حرارة منخفضة ، كما هو متبع فى حالة اللبن السائل .

Starter cultures

مزارع البادئات

البادئات عبارة عن مزارع نقية ، من ميكروب واحد ، أو أكثر ، لسلالات معينة من البكتيريا ، أو الفطريات . وتستخدم مزارع البادئات فى صناعة الألبان ، للحصول على منتجات لبنية ذات صفات معينة (جدول ٧-١١) .

جدول ٧-١١ : أهم أنواع البائنات المستخدمة فى الصناعات اللبنية

البادىء	الغرض من الاستعمال	المنتج
<i>S. lactis</i>	إنتاج حموضة	الألبان المتخمرة ، الزبد ، وكثير من أنواع الجبن
<i>S. cremoris</i>	إنتاج حموضة	
<i>S. thermophilus</i>	إنتاج حموضة	الألبان المتخمرة ، الجبن السويسرى
<i>S. diacetylactis</i>	إنتاج حموضة، ومواد طعم ونكهة	الألبان المتخمرة ، القشدة
<i>L. acidophilus</i>	إنتاج حموضة	لبن الأسيدوفيلس
<i>L. bulgaricus</i>	إنتاج حموضة	اللبن البلغارى المتخمر
<i>Leuc. citrovorum</i>	إنتاج مواد طعم ونكهة	الألبان المتخمرة ، القشدة ، الزبد ، وبعض أنواع الجبن
<i>Leuc. dextranicum</i>	إنتاج مواد طعم ونكهة	
<i>Propionibacterium shermanii</i>	تكوين عيون، ومواد طعم ونكهة	الجبن السويسرى
<i>Penicillium, e.g.</i> <i>P. roqueforti</i> <i>P. camemberti</i>	تسوية الجبن ، وإكسابه الطعم المميز	بعض أنواع الجبن : جبن الروكفور جبن الكاممبورت

إنتاج البائنات اللبنية

فى إنتاج البائنات اللبنية ، تحضر مزارع الأم *mother cultures* ، وذلك بتلقيح الميكروب المطلوب بنسبة ١-٢% ، فى لبن جيد ، سبق تسخينه للغليان عند ١٠٠°م لمدة ٣٠ دقيقة وتبريده ، ثم التحضين لعدة ساعات (حوالى ١٦ ساعة) ، على درجة ٢١-٢٢°م ، وهى درجة مناسبة لنمو ميكروبات البادىء، ولكنها غير مناسبة لنمو البكتريا الملوثة ، التى قد توجد باللبن ، بعد المعاملة الحرارية .

وبعد التحضين ، يحتفظ بالمزارع فى الثلاجة . وعند الإستعمال ، ينشط البادئ فى لبن معقم ، خالى من المواد المثبطة ، للحصول على المزارع الكبيرة Bulk cultures ، التى ستستخدم كبادئ ، فى تصنيع المنتجات .

لتجنب حدوث مشاكل فى إعداد البائنات ، أو فى صفاتها وخواصها، وللوصول إلى صناعة منتجات لبنية ناجحة ، يجب أن يراعى فى إنتاج البائنات ، وفى عمل الألبان المتخمرة :

جودة اللبن والمواد المستخدمة فى عمليات الإعداد والتجهيز ، وارتفاع نسبة النظافة ، والتعقيم ، فى كل خطوات الإنتاج ، بجانب جودة الأجهزة والأوعية المستخدمة .

وعدم مراعاة ذلك ، يؤدى إلى ظهور عيوب بالمنتج اللبنى ، منها : زيادة أو قلة نسبة الحموضة المتكونة ، عدم تكوين الطعم المرغوب ، حدوث تغيرات بالطعم ، ناتج عن نشاط الميكروبات الملوثة ، انفصال الشرش عن الخثرة المتكونة ، وضعف الخثرة المتكونة ، بسبب انخفاض نسبة الجوامد الكلية ، باللبن الجارى تخميره .

الألبان المتخمرة Fermented milks

تنتج الألبان المتخمرة ، بتأثير البائنات اللبنية ، المنتجة للحموضة والنكهة .

فتقوم بكتريا البادئ المنتجة للحموضة ، من أجناس Streptococcus , Lactobacillus ، بإنتاج حامض اللاكتيك ، وتجيبن اللبن . أما البكتريا المنتجة للنكهة ، مثل تلك التابعة لجنس Leuconostoc ، فإنها تنتج موادا طيارة ومتعادلة ، تكسب المنتج الطعم ، والنكهة المطلوبة.

وترجع القيمة الغذائية للألبان المتخمرة ، إلى إحتوائها على جميع مكونات اللبن الطبيعية ، بإستثناء سكر اللاكتوز ، الذى تحول إلى حامض لاكتيك . وهذا الحامض المتكون ، هو عامل الحفظ الرئيسى بهذه الألبان ، فبوجوده ، يقف نمو البكتريا التعفنفة ، والبكتريا المرضية..

الألبان المتخمرة ذات أنواع عديدة (جدول ٧-١٢) ، تختلف باختلاف نوع اللبن المستخدم (أبقار ، أغنام ، ماعز ، جمال) ، والبادئ المستعمل، وطريقة الصناعة .

جدول ٧-١٢ : بعض أنواع الألبان المتخمرة

المنتج	الميكروبات المسئولة عن التخمير ونوع الخثرة المتكونة	عملية التخمير ، وحموضة المنتج النهائي
اللبن الرايب	<i>S. lactis</i> , <i>Leuconostoc</i> sp. الخثرة المتكونة عديمة القوام ، أى سائلة	يتم التجبن بترك اللبن في شوالى على حرارة الغرفة لمدة ١-٣ يوم . وبعد نزع القشدة ، نحصل على اللبن الرايب نو حموضة عالية حوالى ١% ، -
الزبادى واليوجورت Yoghurt	<i>S. thermophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> وقد توجد أنواع أخرى من البكتريا والخمائر الخثرة المتكونة متوسطة التماسك ، تشبه الكاستارد	يحضن اللبن الملقح بالبائىء ، على درجة ٣٧-٤٥° م لمدة ساعات (٣ ساعة فى المتوسط) ولليوجورت الناتج أسماء متعددة ، حسب البلد المنتج نو حموضة متوسطة ، وله طعم ونكهة
لبن الأسيدوفلس	<i>L. acidophilus</i> الخثرة المتكونة ذات قوام متماسك	يسخن اللبن الى ٩٠° م لمدة ساعة لقتل أغلب الميكروبات ، لأن ميكروبات البائىء حساسة للميكروبات الأخرى ثم يبرد اللبن ، ويلقى بالبائىء بنسبة ٢% ، ويحضن لمدة ٣-٤ ساعة على ٣٧° م نو حموضة متوسطة ، حوالى ٠,٧% ، وخالى من الطعم والنكهة

تابع جدول ٧-١٢ :

المنتج	الميكروبات المسؤولة عن التخمير ونوع الخثرة المتكونة	عملية التخمير ، وحموضة المنتج النهائي
اللبن البلغارى Bulgarian	<i>L. bulgaricus</i> الخثرة المتكونة عديمة القوام ، لزجة	يخضن اللبن الملقح بالبداىء على درجة ٣٧°م لمدة ساعات نو حموضة عالية ، وخالى من الطعم والنكهة
اللبنة المتخمرة Cultured butter - milk	<i>S. lactis</i> , <i>S. cremoris</i> , <i>Leuconostoc</i>	يسخن اللبن إلى ٨٥°م لمدة ٣٠ دقيقة ، ثم يبرد ويلقح بالبداىء بنسبة ٢٪ ويخضن على ٢١°م لمدة ٨ ساعات نو حموضة متوسطة ، حوالى ٨ ، ٠٪ ، وله طعم ونكهة
الكفير Kefir	<i>S. lactis</i> , <i>L. bulgaricus</i> , Lactoso-fermenting yeast, e.g. <i>Kluyveromyces fragilis</i> , <i>Candida kefir</i> تتجمع ميكروبات البداىء باللبن المتخمّر فى شكل حبيبات بيضاء اللون ، تسمى حبوب الكفير <i>Kefir grains</i> ، ويمكن فصلها وإعادة إستعمالها كبداىء الخثرة سائلة ، عديمة القوام	يصنع من لبن الأبقار ، والأغنام ، والماعز ، يتم التخمير على ٢٢°م لمدة ١٢ ساعة فى قربة من جلد الماعز ، وتصفى الخثرة المتكونة ، لفصل حبوب الكفير ، واستعمالها كبداىء يحتوى الناتج على ١٪ حامض ، و ١٪ كحول ، وكمية وفيرة من غاز CO_2 ، تسبب رغاوى ، وله طعم ونكهة
الكوميس Kumiss	مثل الكفير	يصنع من لبن الفرس ، ويتم التخمير على ٢٨°م لمدة ساعات الناتج يحتوى على حامض الخليك وكحول و CO_2 ، وله طعم ونكهة

الجبن Cheese

يمر تصنيع الجبن ، بخمس خطوات رئيسية ، هي

١- تلقيع الجبن بالبادئ

٢- تكوين الخثرة Curdling

وتتكون الخثرة نتيجة التجبن الإنزيمى Renin-curd ، بإضافة إنزيم المنفحة renin .

أو تتكون الخثرة ، نتيجة التجبن الحامضى Acid-curd ، ببكتريا حامض اللاكتيك ، أو تتكون الخثرة بالطريقتين معا .

٣- تخليص الخثرة من الشرش Drainage of whey .

ويتم ذلك ، إما بدون ضغط ، كما فى حالة الجبن الطرى ، أو بالضغط ، كما فى حالة الجبن الجاف، وبعد ذلك ، تشكل الجبن ، للقطع المطلوبة.

٤- إضافة الملح Salting

٥- التسوية أو الإنضاج Curing , ripening

فبعد عملية تصنيع بعض أنواع الجبن ، يترك الجبن الناتج بعض الوقت للتسوية ، تحت ظروف مناسبة من الرطوبة والحرارة ، حيث تنمو ، بعض انواع البكتريا ، أو الخمائر ، أو الفطريات . وبما تفرزه هذه الكائنات من إنزيمات ، تحدث التغيرات المرغوبة فى الطعم ، وإكتساب النكهة المميزة ، لكل صنف منتج .

وقد يشارك فى عملية التسوية ، إنزيمات المنفحة ، وإنزيمات اللبن، غير أن الإنزيمات الميكروبية ، هى التى تجيء فى المرتبة الأولى ، من بين كل العوامل ، التى تؤثر على تسوية الجبن .

صفات الجبن

يعتبر التخمر اللاكتيكى ، عاملا هاما فى حفظ الجبن الناتج ، بتثبيطه للميكروبات المحللة للبروتين . كما أن إنخفاض الرطوبة ، وعدم وجود هواء، لهما أهميتهما فى حفظ الجبن المصنع ، على هيئة قوالب ، أو أقراص كبيرة.

ويحدد صفات الجبن الناتج :

اللبن المستخدم ، طريقة عمل الخثرة ، وطريقة التخلص من الشرش ، وكيفية التسوية ، وطريقة الإستهلاك : طازجة أم مسواه .

اللبن المستخدم ، يجب أن يكون ناتجا من حيوان سليم ، وغير مصاب بالتهاب الضرع ، وإلا أثر ذلك على خطوات التصنيع ، وجودة المنتج .

وفى الحالات التى ينزل فى صناعتها الباشات ، فإن درجة حرارة التجبن ، وإجراء عملية السمط من عنده ، تؤثر على أعداد البكتريا الموجودة بالجبن الناتج ، وبالتالي ، تؤثر على صفات الجبن وخواصه .

ففى الحالات ، التى يتم فيها التجبن على درجة حرارة 38°C ، فإن البادئ المستخدم ، يحتوى على *S. cremoris* و *S. lactis* . وفى الحالات ، التى تتعرض فيها الخثرة ، لدرجة 50°C أو أعلى قليلاً ، فإن البادئ ، يحتوى على *S. thermophilus* , *L. bulgaricus* , *L. casei* .

وأثناء عملية التسوية ، يحدث تطور ، وتتابع للمجموعات الميكروبية ، الموجودة بالجبن . ففى بداية التسوية ، وطوال الأسبوعين الأولين ، تنشط بكتريا *Streptococcus* ، ثم يقل نشاطها ، وبعد ذلك تنشط بكتريا *Lactobacillus* .

وبالإضافة إلى الأنواع الميكروبية ، المميزة لكل صنف جبن منتج ، فقد يوجد طوال فترة التسوية ، أنواع من البكتريا تابعة لجنس *Bacillus* , *Micrococcus*

أقسام الجبن

تقسم الجبن ، من حيث الإستهلاك ، إلى ثلاثة أقسام رئيسية :
طرية ، نصف جافة ، جافة ، وتعتمد درجة صلابة الجبن على نسبة الرطوبة ، ومحتوى الجبن من الدهون ، وعلى ظروف التصنيع ، وطريقة فصل الشرش ، والتعليق ، والتخزين .

Soft cheese

الجبن الطرية

يتم تسوية هذا الجبن ، فى فترة قصيرة نسبيا ، إذا قورن بالجبن الجاف . ويحتوى الجبن الطرى ، على نسبة مرتفعة من الرطوبة ، تصل إلى ٧٥% وهو طازج ، ولا تقل عن ٤٥% بعد تمام التسوية .

من أنواع الجبن الطرية

١- الجبن الـدمياطى

يستهلك الجبن الـدمياطى ، عادة طازجا ، أو قد يسوى بوضعه فى صفائح تحت سطح الشرش ، لمدته تتراوح من ٤ إلى ٦ شهور . مع ملاحظة ، أن زيادة التسوية عن ذلك ، تؤدى إلى نوبان الخثرة فى الشرش ، فلا يتبقى منها شيئا .

وأثناء الأسبوع الأول من التخزين ، تسود بكتريا جنس *Streptococcus* خاصة الأنواع *S. faecalis* ، *S. cremoris* ، *S. lactis* ، وكذلك بكتريا *Leuconostoc* .

وتتناقص هذه الأنواع تدريجيا ، حتى نهاية الأسبوع الثانى ، لتسود الأنواع التابعة لجنس *Lactobacillus* ، خاصة *L. fermenti* ، *L. plantarum* ، *L. casei* . وقد يوجد فى بداية التسوية ، أنواع تابعة لجنس *Micrococcus* ، مثل *M. luteus* .

Camembert

٢- جبن الـكمبورت

هذا الجبن من الأنواع الطرية ، المسواه سطحيا بالفطر *P. camemberti* . وفى بداية عملية التسوية ، تقوم بكتريا *S. lactis* ، بتوفير الوسط الحامضى ، اللازم لنمو فطر *Geotrichum candidum* ، ثم ينمو فطر *P. camemberti* ، الذى يغطى سطح الجبن تماما ، ويقوم بتحليل الدهون والبروتين وحامض اللاكتيك ، وذلك بواسطة إنزيماته ، التى تنتشر تدريجيا فى كل الجبن ، من الخارج للمداخل ، وبذلك يكتسب الجبن الطعم ، والقوام ، والرائحة الخاصة به .

تحلل حامض اللاكتيك ، فى نهاية الأسبوع الثانى من التسوية ، يعطى الفرصة لبكتريا *Brevibacterium linens* ، لتنمو على سطح الجبن ، مفرزة صبغة برتقالية اللون ، مميزة لهذا النوع من الجبن . ويصبح الجبن معدا للإستهلاك ، فى نهاية الأسبوع الثالث من التسوية .

الجبن النصف جافة Semi-soft cheese

صفات هذه المجموعة من الجبن ، وسطا بين صفات الجبن الطرية والجافة . فجميعها تؤكل بعد التسوية ، والملح يضاف بنثرة على السطح ، ولكنها تحتوى على نسبة رطوبة أعلى من الجبن الجافة (حوالى ٥٠% ، مقابل ٣٠%).

جبن الروكفور Roquefort

من الأنواع النصف جافة الهامة ، جبن الروكفور (الجبن المعرق باللون الأزرق) . ويتم تسوية هذا النوع أساسا بفطر P. roqueforti ، المنتج للجراثيم الزرقاء المخضرة ، المميّزة لهذا الجبن .

أثناء التسوية ، تحدث تغيرات ميكروبية متعددة ، ففي البداية يسود S. lactis وميكروبات أخرى كروية وعصوية ، ثم تختفى فى خلال أسبوعين ، وذلك مع زيادة نمو فطر P. roqueforti ، الذى يبدأ فى النمو عادة بعد ١٠ أيام ، من الوخز بالخثرة ، ليصل نموه إلى أقصاه بعد حوالى ٣ شهور . وخلال هذه المدة ، تتكون عروق اللون الأزرق المخضر ، ومركبات الطعم الأساسية المميّزة ، الناتجة من تحلل الدهون ، مثل أحماض الكابريك ، والكابروييك ، والكابريليك ، ومركبات الميثيل كيتون .

ونظرا لأن الفطر هوائى ، فيراعى وخز القرص وخزا غائرا ، بسكاكين طويلة ، عليها جراثيم الفطر ، لتهيئة الظروف الهوائية ، اللازمة لنمو الفطر داخل القرص . مع ملاحظة ، أن النمو الزائد لفطر P. roqueforti ، يسبب طعما ونكهة غير مرغوبة ، لتحلل مادة Amyl ketone ، وهى أحد المركبات المسئولة عن الطعم والنكهة ، بهذا الجبن .

الجبن الجافة Hard cheese

تحتوى هذه الجبن ، على رطوبة لاتزيد عن ٣٥% ، وأنواعها متعددة جدا ، ومنها

Cheddar

١- جبن شيدر

فى هذا النوع ، تسود بكتريا البادىء المضاف S. lactis , S. cremoris لمدة ٢-٣ شهور من التصنيع ، بعدها تقل فى العدد ، إلى أن تختفى . وفى نفس الوقت ، تتزايد أعداد Geotrichum , L. plantarum , L. casei ، حتى نهاية مدة التسوية .

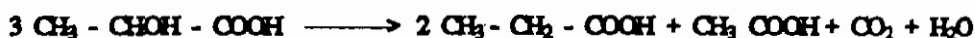
Swiss cheese , Gruyere

٢- الجبن السويسرى

يحتوى البادىء ، الخاص بتصنيع هذا الجبن ، على ثلاثة انواع رئيسية من البكتريا هى

S. thermophilus , L. bulgaricus , Propionibacterium shermanii

تمثل هذه البكتريا ، المجموعة الرئيسية ، التى تقوم أساسا بتسوية هذا الجبن ، الذى يتميز بوجود ثقبوب (عيون) داخل الأقراص ، قطرها حوالى ٢ سم ، على مسافات تتراوح بين ٢ إلى ٨ سم . وتنتج هذه العيون ، من تكون غاز CO_2 ، الناتج من التخمر البروبيونيكي ، بواسطة بكتريا Prop. shermanii ، التى تخمر سكر اللاكتوز ، حسب المعادلة العامة التالية



Lactic

Propionic

Acetic

وحامض البروبيونيك الناتج ، هو الذى يعطى الجبن السويسرى ، الطعم ، والنكهة المرغوبة ، المميزة لهذا الجبن .

عيوب الجبن

لتلافى العيوب التى تحدث بالجبن ، يستعمل لبن جيد البسترة ، أى خاليا من الميكروبات المفسدة ، وبإحداث نشطة ، لإيقاف نشاط البكتريا المتجرثة ، مع العناية بالنظافة ، وتعقيم الأدوات ، والأواني المستعملة فى الصناعة ، والتسوية ، والعناية بتمليح الجبن ، لما للملح من تأثير مثبط ، لبكتريا الكلوستريديوم .

تفسد الجبن الطرية غالبا ، بواسطة البكتيريا والخميرة ، أما الجبن الجافة ، فنظرا لحموضتها ، وقلة الرطوبة بها ، وعدم وجود هواء بداخل أقراسها ، فإنها تفسد غالبا من على السطح ، بواسطة الفطريات .

من أنواع الفساد بالجبن

١- تكون غاز

يحدث هذا العيب ، نتيجة عدم البسترة ، أو التلوث ببكتيريا القولون ، وبعض الخمائر المخمرة لسكر اللاكتوز مثل *Candida* ، وبعض البكتيريا المتجرثة ، مثل *B. polymyxa* ، *B. macerans* . وتسبب الغازات الناتجة من التخمر ، حدوث ثقب غازية صغيرة ، قطرها ١ - ٢ مم .

كما قد يحدث الفساد الغازي ، نتيجة نمو بكتيريا *Clostridium* ، فيتكون داخل الجبن ، ثقب كبيرة وشقوق ، مع حدوث روائح تعفننية . ويمكن تلافي هذا الفساد بالجبن ، بأن يضاف إلى اللبن الجارى تصنيعه ، المضاد الحيوى النيسين *Nisin* ، الذى يثبط نمو الكلوستريديا ، وهذا المضاد ، تفرزه أنواع من *Streptococcus lactis* ، وهو غير ضار بصحة الإنسان ، لتحلله بالإنزيمات المعوية .

٢- الفساد بالفطريات

يسبب التلوث بالفطريات ، تشويه مظهر الجبن ، وتكون بقع ملونة على السطح ، واكتساب الجبن ، طعما ورائحة غير مقبولة .

ويعتبر هذا الفساد ، من أكثر العيوب انتشارا ، ومن الفطريات المسببة

Alternaria , *Aspergillus* , *Cladosporium* , *Monilia* , *Mucor* , *Penicillium*

٣- عيوب الطعم واللون

يحدث تغير فى طعم الجبن ، بسبب امتصاص اللبن الجارى تصنيعه ، لبعض الروائح غير المرغوبة ، الموجودة بالعلف ، وفى الإسطبل . كما قد يحدث التغير بالطعم ، بسبب النشاط الميكروبي ، الذى يسبب عيوباً ، مثل

الطعم المر ، والـزنج ، والطعم الخمائري ، السابق ذكرها باللبين السائل (ص ١٧١ ، ص ١٨٥) .

ويحدث تلون الجبن ، نتيجة نمو فطريات على السطح ، أو من الخمائر والبكتريا ، المكونة للصبغات .

Cheese - borne infections العدوى المنقولة عن طريق الجبن

كما يحدث في الأغذية ، والألبان السائلة ، فقد تنقل الجبن ، بعض الميكروبات المرضية مثل

Brucella sp., *Clostridium botulinum* ,

Staphylococcus aureus , *Salmonella* sp.

تسبب بعض هذه الميكروبات أمراضا ، وبعضها يسبب تسممات غذائية ، كما ذكر سابقا ، بالفصل السادس الخاص بميكروبيولوجيا الأغذية ، وكذلك في الألبان السائلة ، بهذا الفصل .

وللوقاية من هذه الأمراض ، تستعمل الألبان المبسترة في صناعة الجبن ، على أن لا تقل فترة التسوية عن ٩٠ يوما ، مع مراعاة شروط النظافة ، والتعقيم ، في كل خطوات الإنتاج ، والتعبئة ، وذلك لإنتاج جبن جيد ، مأمونا صحيا .

References

- Foster, E.M.; F.E. Nelson; M.L. Speck; R.N. Doetsch and J.C. Olson (1961). Dairy microbiology. 2nd Ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA.
 Hammer, B.W. and F.J. Bable (1957). Dairy bacteriology. 4th Ed., John Wiley & Sons Inc., N.Y., USA.
 Marth, E.H. (ed.) (1978). Standard methods for examination of dairy products. 14th Ed., American Public Health Association, Washington D.C., USA.

الفصل الثامن

الميكروبيولوجيا الصناعية

- مقدمة
- الإحتياجات اللازمة للصناعات الميكروبية
- أنواع التخمرات
- المنتجات الميكروبية
- الإستخدامات الصناعية للخمائر
- بعض المنتجات الهامة (جدول ١٠٨)
- التخمر الكحولي
- البيرة
- خميرة الخباز
- الخمير كغذاء
- الإستخدامات الصناعية للبكتريا
- بعض المنتجات الصناعية الهامة (جدول ٣، ٢٠٨)
- إنتاج الخل
- حامض اللاكتيك
- الاسيتون-بيوتانول
- إنتاج الأحماض الأمينية
- الإستخدامات الصناعية للفطريات
- تحضير المزرعة وإعداد اللقاح
- بعض المنتجات الصناعية الهامة (جدول ٤-٨)
- حامض الستريك
- الإنزيمات
- المضادات الحيوية
- البنسلين
- خواص وإستعمالات بعض المضادات (جدول ٥-٨)
- ميكروبيولوجيا البترول
- المراجع

الفصل الثامن

الميكروبيولوجيا الصناعية Industrial Microbiology

مقدمة

يقصد بالميكروبيولوجيا الصناعية ، إستخدام الميكروبات ، تحت ظروف محكمة ، للإنتاج على النطاق التجارى ، لمواد نافعة ، ذات قيمة إقتصادية .

وقد بدأت الأنظار تتجه ، إلى أهمية الدور الذى تلعبه الميكروبات، لإنتاج هذه المواد ، منذ الدراسات التى بدأها باستير عن التخمرات ، فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر . ثم حدث التطور الأساسى فى هذا المجال ، خلال القرن العشرين ، عندما استخدمت البكتريا لإنتاج الأسيتون والبيوتانول ، خلال الحرب العالمية الأولى ، واستخدام الفطريات ، والأكتينومييسيتات ، لإنتاج المضادات الحيوية ، خلال الحرب العالمية الثانية، ثم ما تلى ذلك من تطور كبير فى الميكروبيولوجيا الصناعية ، أو ما يسمى بالصناعات التخمرية .

ويوجد اليوم ، العديد من الشركات ، التى تنتج ، عن طريق الصناعات التخمرية ، الكثير من الكيمائيات والمواد الحيوية ، ذات الأهمية الطبية ، والإقتصادية ، والتجارية الكبيرة .

ومن وجهة النظر الصناعية ، فإن الميكروب ، عبارة عن مصنع كيميائى ، قادر على إحداث تغيرات مرغوب فيها ، فى الوسط الذى يعيش فيه . فالميكروبات بما تفرزه من إنزيمات ، تؤثر على المواد الخام ، رخيصة الثمن ، والتى هى جزء من البيئة التى تنمو عليها ، وتحولها إلى نواتج جديدة نافعة. فإذا ما فصلت هذه النواتج ، من البيئة الجارى تخميرها ، فإننا نحصل على تلك المواد النافعة ، والتى لها أهميتها الإقتصادية ، والتجارية.

الاحتياجات اللازمة للصناعات الميكروبية

يعتمد نجاح الصناعات الميكروبية ، على توفير بعض الاحتياجات .
ومن هذه الاحتياجات

١- الميكروب

الميكروبات المستخدمة فى الإنتاج الصناعى ، هى سلالات منتخبة ، من الطحالب ، والفطريات ، والخمائر ، والبكتريا . كما تستخدم البكتريا والفيروسات ، على نطاق تجارى ، لإنتاج اللقاحات .
ويشترط فى الميكروب المستخدم ، أن يكون :
قادرا على إنتاج المادة المطلوبة بكمية كبيرة ، وأن يكون ذا صفات ثابتة ، سريع النمو ، وغير معرض . ويمكن الوصول إلى هذه الصفات ، بإنتخاب السلالة المناسبة ، أو بإحداث الطفرات الملائمة ، أو حتى بإستخدام التكنولوجيا المتقدمة ، للهندسة الوراثية .

السلالة التى تم إنتخابها ، يجب أن يحافظ على نشاطها ونقاوتها ، بالنقل على فترات ، إلى البيئة المناسبة ، مع التحضين حتى تصل المزرعة إلى الطور الثابت Stationary phase ، ثم التخزين على درجة حرارة منخفضة ، كافية لإيقاف النمو . وعند الإستعمال يعاد تنشيط المزرعة .
كما يحتفظ بنماذج من السلالة المنتخبة ، لمدة طويلة ، بالحفظ فى الثلج تحت زيت برفين ، أو بالحفظ بالتجفيد ، لإستخدام تلك السلالات عند اللزوم ، وذلك ، لتقليل إحتمال التغيرات التى تحدث ، مع تكرار نقل ، وتنمية المزرعة .

ولأهمية السلالة الميكروبية فى الإنتاج ، فإن الكثير من المصانع ، تحتفظ لنفسها بالسلالة التى توصلت إليها ، وتعتبرها سرا من أسرارها الصناعية .

٢- تحضير البادئ (اللقاح) Starter (inoculum)

عادة ما يضاف البادئ إلى بيئة التخمر ، بنسبة ١ - ١٠ ٪ من حجم البيئة . ونظرا لكبر حجم بيئة التخمر المستعملة ، فإن كمياتا كبيرة من اللقاح Stock culture ، يجب أن تجهز باستمرار .

ويتطلب توفير الكمية المطلوبة من اللقاح ، إجراء ٤ - ٥ مراحل من الإكثار، بدءا من المزرعة الموجودة بأنبوبة الاختبار . ويتم ذلك ، بالنقل المتكرر ، والتحضير تحت الظروف المناسبة ، إلى أن يصل حجم اللقاح إلى الكمية المطلوبة . وتتطلب هذه العملية دقة كبيرة ، حتى ينتج لقاحا نشطا . خاليا من التلوث ، والإحداث خسائر جسيمة فى الإنتاج .

Mash

٣- بيئة التخمر : الماش

البيئة المستخدمة فى التخمر ، بما فى ذلك مادة الأساس التى منها يكون الميكروب المنتجات المطلوبة ، يجب أن تكون مكوناتها رخيصة الثمن، سهل الحصول عليها ، متوفرة محليا ، ومناسبة لنمو الميكروب .
من أمثلة مواد الأساس المستعملة : المولاس Molass ، من مخلفات صناعة السكر ؛ الشرش Whey ، من مخلفات الصناعات اللبنية ؛ سائل منقوع الذرة Corn steep liquor ، من مخلفات صناعة النشا ؛ سائل السلفيت Sulfit - liquor ، من مخلفات صناعة الورق .

يستحسن أن تكون البيئة المستعملة ، بيئة منتقية Selective medium ، لتكون أكثر ملائمة لنمو الميكروب المطلوب ، عن غيره من الميكروبات المنافسة ، كما فى حالة استعمال بيئة حامضية ، لتنمية الخميرة والفطريات، وفى بعض العمليات التخمرية ، قد تعقم البيئة أو تبستر ، قبل تلقيحها بالبادئ ، للتخلص من الميكروبات الملوثة .

٤- الظروف المزرعية

أثناء عملية الإنتاج ، يجب توفير كل الظروف الغذائية ، والبيئية اللازمة لنمو ، ونشاط الميكروب المستخدم ، من :
عناصر غذائية ، pH ، رطوبة ، حرارة ، تهوية (هوائى أو لاهوائى) ، تقليب، معادلة أو إزالة المواد التى توقف التخمر ... الخ .

٥- المادة المنتجة

يتم التخمر فى مخمرات كبيرة الحجم ، وفيها تتكون المادة المطلوبها مختلطة مع الميكروبات ، ومنع نواتج أخرى عديدة . ونحصل على المادة المطلوبة ، باستخدام طرق الإستخلاص ، والتنقية المختلفة . ويشترط فى هذه الطرق ، أن تكون مناسبة ، سهلة ، سريعة ، وإقتصادية .

أنواع التخمرات Types of fermentation

تقع التخمرات الصناعية ، تحت نوعين رئيسيين ، هما تخمر متقطع أى على دفعات Batch ، وتخمر مستمر Continuous .

فى التخمر المتقطع ، يملأ المخمر بالماش ، ويلقح الماش بالميكروب ، مع ضبط ظروف التخمر البيئية ، من pH ، وحرارة ، وتهوية . وبعد إنتهاء عملية التخمر ، تسحب محتويات المخمر ، للحصول على المنتجات . ثم يعاد تنظيف المخمر ، ويملأ من جديد بالماش ، وتكرر عملية التخمر . ويلاحظ أن الإنتاج فى هذا النوع من التخمر ، يكون على دفعات .

فى التخمر المستمر ، يغذى المخمر بمعدل ثابت من بيئة التخمر ، التى يتم تخميرها بواسطة الميكروبات ، تحت الظروف البيئية المناسبة ، المتحكم فيها أوتوماتيكيا . ويسحب الناتج باستمرار ، مع التغذية المستمرة . وعلى ذلك ، فإن الإنتاج فى هذا النوع من التخمر ، يتم بطريقة مستمرة . وتوفر هذه الطريقة ، ظروفأ أفضل فى الإنتاج ، كما أنها إقتصادية .

تتم التخمرات الهوائية (كما فى حالة إنتاج البنسلين) ، بطريقة المزرعة المغمورة Submerged culture ، حيث ينمى الميكروب مغمورا فى البيئة ، مع توفير وسائل التقليب ، والتهوية بالهواء المعقم المضغوط ، ويتم التحكم فى عوامل الإنتاج آليا . ولكى يكون المنتج إقتصاديا ، يصل حجم المخمر إلى ٥٠٠ م^٣ ، كما فى إنتاج المضادات الحيوية .

وتمتاز طريقة المزرعة المغمورة عن طريقة المزرعة السطحية Surface culture التى كانت مستعملة سابقا ، والتى ينمى فيها الميكروب على سطح البيئة ، بأن طريقة المزرعة المغمورة ، توفر المساحات الكبيرة ، التى كانت تتطلبها طريقة المزرعة السطحية ، كما أنها أقل تكلفه ، وتعطى إنتاجا أكبر فى مدة أقصر ، وفيها يمكن التحكم أيضا ، فى أسباب التلوث .

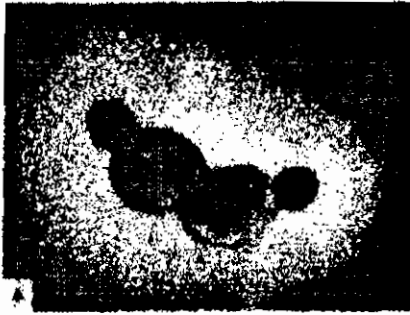
المنتجات الميكروبية

تقع المنتجات الميكروبية ، تحت أقسام عديدة ، أهمها

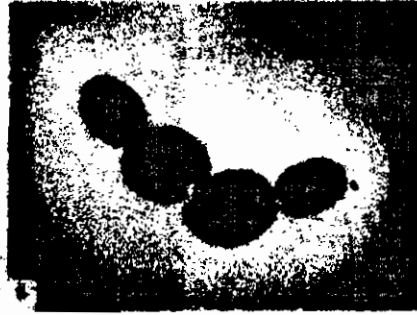
- ١- مواد وإضافات غذائية
حيث تستخدم الميكروبات لإنتاج البروتين ، والأحماض العضوية ،
والأمينية ، التى تستعمل كإضافات غذائية .
وذلك بالإضافة ، إلى الدور الذى تلعبه الخميره ، فى صناعة الخبيز .
- ٢- الكحولات والمشروبات الكحولية
ويعتبر انتاج الإيثانول ، والبيرة ، والنبذ ، من أقدم ، وأكبر الصناعات
الميكروبيولوجية .
- ٣- كيميائيات صناعية
مثل الأحماض ، والمنبيات العضوية ، والإنزيمات ، والمركبات الوسطية،
المستخدمة لإنتاج مواد أخرى .
- ٤- كيميائيات صيدلانية
من أهم هذه المواد : المضادات الحيوية ، ومركبات الستيرويد Steroids.
ويجرى الآن إنتاج مواد أخرى ، مثل الأنسولين ، والإنتيروفرون ،
بإستخدام طرق الهندسة الوراثية .
- ٥- مواد بيولوجية
كالفاكسينات ، ومضادات السيروم .
- ٦- قد تستخدم الميكروبات فى أغراض محددة
كما فى حالة الميكروبيولوجيا التحليلية Analytical Microbiology ، حيث
تستعمل الميكروبات فى إجراء التقديرات الحيوية Bioassays ،
للفيتامينات ، والأحماض الأمينية ، والمضادات الحيوية . كما تستعمل
الميكروبات لتقدير كفاءة عمليات البسترة ، والتعقيم .

الإستخدامات الصناعية للخمائر Industrial uses of yeasts

تلعب الخمائر ، نورا هاما فى الصناعات الميكروبية . ورغم وجود أنواع ، وأجناس كثيرة ، من الخمائر ، إلا أن أكثر أنواعها أهمية ، من الناحية الصناعية ، هى السلالات التابعة للنوع Saccharomyces cerevisiae . (شكل ٨ - ١) .



أ



ب

ب بعد ١٠ دقائق من نمو أ

شكل ٨-١ : خلايا خميرة نشطة مقترعة

ومن أهم الإستعمالات المعروفة للخمائر

هو إستخدامها فى المخابز ، وإنتاج بروتين ميكروبى ، وإنتاج كحول الإيثانول من المواد الكربوهيدراتية ، وإنتاج البيرة ، والنبيد ، والمشروبات الكحولية ، وإنتاج بعض الكيمائيات الهامة (جدول ٨ - ١) .

جدول ٨-١ : بعض المنتجات الهامة من الخميرة

المنتج	الميكروب	المادة الخام	طبيعة التخمير	مجالات الاستعمال
كحول الإيثانول	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	المولاس ^(*)	لاهوائى	مخبز ،
	<i>Kluyveromyces fragilis</i>	الشرش	لاهوائى	وقود ، نولى معملية ، وطبية
مشروبات كحولية	<i>S. cerevisiae</i>	مولت الشعير ، عصير العنب	لاهوائى	البيرة ، النبيذ
خميرة الخباز	<i>S. cerevisiae</i>	المولاس ^(*)	هوائى	الخبيز
	<i>Candida milleri</i>	المولاس	هوائى	الخبز الفرنسى الحامضى
بروتين ميكروبي	<i>S. cerevisiae</i>	المولاس ^(*)	هوائى	خميرة علف تغذية الحيوان
	<i>Candida utilis</i>	المولاس ، مخلفات صناعة الورق	هوائى	تغذية حيوان وإنسان
	<i>Hansenula polymorpha</i>	الميثانول	هوائى	تغذية حيوان وإنسان
	<i>Saccharomycopsis lipolytica</i>	مخلفات البترول	هوائى	تغذية حيوان

^(*) أو مواد كربوهيدراتية ، بعد تحللها إلى سكريات قابلة للتخمير

الإنتاج

يستعمل المولاس بكثرة فى كثير من البلدان ، كمصدر كربونى ، لإنتاج الكحول . ويحتوى المولاس العادى Black strap molass ، على حوالى ٥٠% سكروز ، وله pH حوالى ٦,٥ ، غير أنه فقير فى المواد النتروجينية والفوسفورية . ولذلك ، فعند استعمال هذا المولاس كماش ، يجب ان يعدل تركيبه ، ليعطى البيئة المناسبة لنمو الخميرة ، فتخفف نسبة السكر به ، إلى حوالى ١٠% ، ويخفض الـ pH إلى حوالى ٤,٥ ، وهى درجة حموضة مناسبة لنمو الخميرة ، وغير مناسبة لنمو البكتريا الملوثة . ويضاف للمولاس مواد مغذية (نتروجين وفوسفور) بنسبة ٠,٢ - ٠,٤% ، فى صورة كبريتات أمونيوم، وفوسفات أمونيوم، أو يوريا، أو من أى مصدر آخر مناسب.

تلقح البيئة بسلالة الخميرة المنتخبة ، والتى سبق تنشيطها . ويتم التخمير فى وسط لاهوائى ، وهذا يتوفر من غاز ثانى اكسيد الكربون المتكون اثناء التخمير . وفى حالة التخمير المتقطع ، يتم الإنتاج بعد ٤٨ ساعة على حوالى ٢٥° م .

وفى نهاية التخمر ، يتحول حوالى ٩٠% من سكر البيئة إلى كحول وغاز CO_2 ، اما باقى السكر ، فيستهلك كغذاء للخميرة ، وفى إنتاج بعض النواتج الثانوية الأخرى . ويتحصل على الكحول ، بتقطير السائل المتخمر ، ويمثل الكحول حوالى ٤٨% من النواتج النهائية .

غاز ثانى اكسيد الكربون الناتج من التخمير ، وهو يمثل حوالى ٤٧% من النواتج ، يجمع ، وينقى ، ويضغط فى أسطوانات ، ليستعمل فى صناعة المياه الغازية ، وطفافيات الحريق ، أو يحول إلى ثلج جاف ، يستخدم فى عمليات التجميد .

النواتج الثانوية للتخمر الكحولى

بالإضافة إلى الكحول وثانى اكسيد الكربون ، وهما يمثلان حوالى ٩٥% من النواتج ، ينتج أيضا ، كميات قليلة من الجليسرول (حوالى ٣%) ، وحامض السكسينيك واللاككتيك (حوالى ١%) ، مع كميات قليلة من كحول

الأماليل ، والأيسو أماليل ، وآثار من الكحوليات العالية الأخرى . ويطلق على هذا الخليط من الكحوليات اسم زيت الكحول *Fusel oil* ، وهو يمثل حوالى ١٪ من النواتج ، ويستعمل فى البويات . وينتج زيت الكحول ، كنواتج ثانوية ، من تأثير الخميرة على بعض الأحماض الأمينية ، الموجودة بالبيئة ، كالليوسين ، والأيسوليوسين ، والغالين .

التهوية وتأثير باستير

تحت الظروف اللاهوائية ، يزداد إنتاج الكحول ، ويزيد إستهلاك السكر، وتنتج كميات قليلة من الطاقة (١ مول جلوكوز يعطى ٢ مول ATP). ولكن فى وجود الهواء ، فإن عملية التخمير اللاهوائية ، تتجه إلى تفاعلات تنفس هوائى ، فيقل استهلاك السكر ، مع إنتاج كميات أكبر من الطاقة (١ مول جلوكوز يعطى ٣٨ مول ATP) ، ويتجه التفاعل لتكوين خلايا خميرة ، بدلا من إنتاج الكحول ، وقد يقف التخمير نهائيا ، بزيادة التهوية .

تأثير التهوية على عملية التخمير ، أو ما يعرف بتأثير باستير *Pasteur effect* ، لا ينطبق على الخميرة فقط ، ولكنه صفة عامة ، خاصة بكل الميكروبات الإختيارية للهواء . وقد أوضح باستير ، أنه يمكن الحصول على واحد جرام من خلايا الخميرة من ٤ - ١٠ جم جلوكوز فى وجود الهواء ، ومن ٦٠ - ٨٠ جم جلوكوز فى غياب الهواء ، بمعنى ، أن واحد جرام من الجلوكوز تحت الشروط الهوائية ، ينتج خلايا خميرة تزيد عدة أضعاف ، عما ينتج من واحد جرام جلوكوز تحت الشروط اللاهوائية .

البيرة Beer

تصنع البيرة من الحبوب النشوية ، مثل الشعير فى أوربا والشرق الأوسط ، والأرز فى الشرق الأقصى ، والذرة فى أمريكا . ونظرا ، لأن الخميرة لاتستطيع تسكير النشا *Saccharification* ، أى تحويله لسكريات قابلة للتخمير ، لعدم إحتوائها على إنزيمات الأميليز ، فإن نشا الحبوب ، يجب أن يحول لسكريات قابلة للتخمير (الجلوكوز ، المالتوز ، الدكسترين) ، بالتحليل المائى ، قبل إجراء عملية التخمير بالخميرة .

ولكل نوع من الحبوب المستعملة ، الطريقة المناسبة لتسكيره . ففي حالة الشعير ، تتم عملية التسكير بواسطة الأميليز ، الذى يتكون بحبوب الشعير النابتة ، بعد نقعها فى الماء لمدة ٢ - ٣ يوم ، لأن الحبوب النابتة ، وليست الحبوب الجافة ، هى التى تحتوى على كميات كبيرة من إنزيمات الأميليز والبروتيز . ويجفف الشعير النبات ، على درجة حرارة ورطوبة مناسبة ، ثم يطحن . ويسمى الناتج بمولت الشعير Barley malt .

يعتبر المولت ، المصدر الرئيسى للنشا ، والمواد العضوية النتروجينية ، والإنزيمات ، وتجرى عملية إذابة المولت malting ، بخلطه بالماء الساخن ، مع رفع درجة الحرارة تدريجياً إلى ٧٥° م ، وقد يضاف فى هذه العملية ، بعض المحاليل النشوية .

فى عملية الإذابة ، يتم تسكير النشا ، كما تتحلل البروتينات ، إلى أحماض أمينية ، ومواد نتروجينية ذائبة ، وبذلك يتوفر للخميرة ، المصادر اللازمة لنموها من كربون ، وبتروجين .

يرشح المولت الذائب ، والراشح الناتج ، يسمى وارت البيرة Beer wort . يغلى الوارت مع حشيشة الدينار Hops . وعملية الغليان ، توقف عمل إنزيمات المولت ، وتسبب تعقيماً جزئياً للسائل ، كما أنها تساعد على إستخلاص بعض المواد من حشيشة الدينار ، التى تكسب البيرة الطعم ، والنكهة المطلوبة ، وتساعد على الحفظ .

يرشح الوارت ، للتخلص من حشيشة الدينار ، ثم يبرد الراشح ، ويلقى بسلالة الخميرة المنتخبة (*Saccharomyces cerevisiae* (Brewer's yeast) ، والتى سبق تنشيطها . والخميرة المستعملة كلقاح ، قد تكون من الأنواع السطحية Top yeast ، أو من الأنواع القاعية Bottom yeast ، وذلك حسب نوع البيرة المطلوب إنتاجها .

الخميرة السطحية توجد على سطح البيئة ، لأن ثانى أكسيد الكربون المتكون بغزاره أثناء التخمير ، يرفعها لأعلى السطح . وتحتاج هذه الخميرة ، لدرجة حرارة أعلى (٢٠° م) للتخمير ، وهى نشطة فى التخمير ، وتنتج بيرة ذات نسبة كحول أعلى .

أما الخميرة القاعية ، فإنها توجد فى قاع السائل المتخمّر ، لقلة ثانى أكسيد الكربون المنتج أثناء التخمير . وتحتاج هذه الخميرة ، لدرجة حرارة أقل للتخمير (٥ - ١٢° م) ، وهى بطيئة فى التخمير ، وتنتج بيرة ذات نسبة كحول أقل .

تتم عملية التخمير ، لاهوانيا ، فى عدة أيام ، وأثناء هذه الفترة ، يتم تحول السكر ، إلى كحول وثانى اكسيد كربون ، وقد يعقب ذلك تخمير ثانوى للإنضاج ، على درجة حرارة منخفضة (صفر إلى ٤°م) لعدة شهور . بعد ذلك تروق البيرة ، وترشح ، وتعبأ ، وقد تبستر على ٦٠°م لمدة ٣٠ دقيقة ، وتحفظ على درجة حرارة منخفضة ، لحين الإستهلاك .
وتحتوى البيرة (نوع Ale) ، على حوالى ٥% كحول ، و ٥,٥% CO₂ ، وتمتاز البيرة الجيدة بشفافيتها .

فساد البيرة

تفسد البيرة ، بسبب نمو الخمائر الملوثة Wild yeast ، والبكتريا غير المرغوب فيها ، كـبكتريا حامض الخليك ، واللاكتيك ، و Pediococcus . فيحدث تعكير ، ومرارة ، وروائح غير مرغوبة بالبيرة .

تموت أغلب الميكروبات المفسدة ، عند غليان الورت مع حشيشة الدينار . لذلك ، يمكن تجنب فساد البيرة ، بمراعاة عدم التلوث ، عقب غليان الورت ، وأثناء عمليات التصنيع التالية ، مع استخدام سلالات الخميرة ، النشطة النقية للتخمير ، والبسترة عقب التعبئة .

خميرة الخباز Baker's yeast

يستعمل فى المخابز ، مزارع نقية ، لسلالات منتخبة ، من خميرة الخباز (Baker's yeast) *Saccharomyces cerevisiae* . وتمتاز هذه السلالات بثبات صفاتها ، وسرعتها فى النمو ، وقدرتها العالية ، على تحليل سكريات العجين .

تخلط الخميرة مع العجين ، لإحداث التغيرات المطلوبة ، فى القوام والطعم ، بالخبز الناتج . ويسبب غاز ثانى اكسيد الكربون ، المتصاعد أثناء التخمير ، رفع العجين Leavening , rising , of dough . ويتوقف نوع الخبز الناتج ، على صفات سلالة الخميرة المستعملة ، وظروف التحضين ، والمادة الخام المستعملة للتخمير .

إنتاج خميرة الخباز

لإنتاج الخميرة (شكل ٨-٢) ، تلقح سلالة الخميرة المطلوبة بعد تنشيطها ، فى بيئة التخمر ، التى قد تكون مولاس القصب ، أو البنجر ، أو أى مادة كربوهيدراتية تم تسكيرها . وعند استعمال المولاس ، تخفف نسبة السكر به ، إلى حوالى ٨٪ ، ويضبط الـ pH عند ٤,٥ ، مع إضافة نيتروجين وفوسفور بنسبة ٢,٠ - ٤,٠ ٪ ، من مصدر مناسب . يتم التخمر على درجة ٣٠°م ، وفى وسط هوائى . والتهوية والتقليب ضرورية ، فى عملية إكثار الخميرة ، لمنع حدوث تخمر لاهوائى .

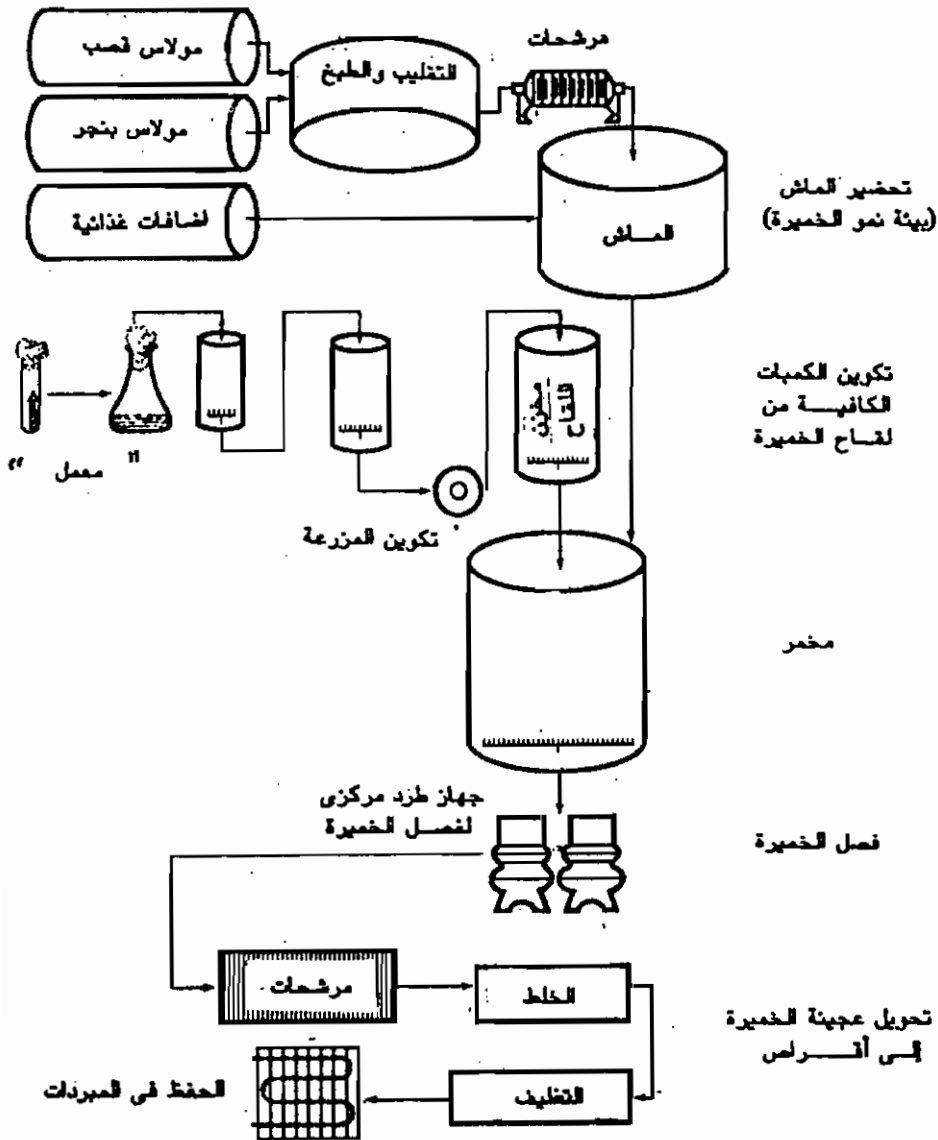
وبعد إنتهاء فترة التخمر ، التى تأخذ حوالى ١٠ ساعات ، تجمع خلايا الخميرة المتكونة بالطرد المركزى ، وتغسل بالماء ، ويعاد الطرد المركزى والغسيل ، ثم يجرى الترشيح من خلال مكابس Filter press ، أو أسطوانات* Filter drums . وتشكل الخميرة الحية المنتجة ، فى قوالب ، أو أقراص ، وتحفظ على درجة حرارة منخفضة (صفر إلى ٥°م) لحين الإستعمال ، للمحافظة على حيويتها ، ومنع فسادها . ويعطى كل ٥٠٠ لتر بيئة ، حوالى ١٠ كجم خميرة .

الخميرة كغذاء - البروتين الميكروبي

خميرة الغذاء (جدول ٨-١) ، سلالات مناسبة ، من خميرة جافة غير حية ، تصل نسبة البروتين بها ، إلى حوالى ٥٠٪ . وتستعمل كمصدر للبروتين والفيتامينات ، فى التغذية ، وفى المستحضرات الطبية . تنتج خميرة التغذية ، بطريقة مشابهة لإنتاج خميرة الخباز ، على أن يجفف الناتج إلى مسحوق ، على درجة حرارة عالية نوعاً ، لقتل خلايا الخميرة . فالخميرة الحية لاتصلح للتغذية ، لقيامها بتحليل السكريات ، وإنتاج غاز CO₂ ، مما يسبب ارتباكات معوية .

قد تستعمل الخميرة المنتجة كخميرة علف Fodder yeast ، حيث تضاف لعليقة الحيوان والدواجن ، وقد تستعمل فى تغذية الانسان Food yeast (انظر البروتين الميكروبي ، الفصل السادس ، ص ص ١٥٨ - ١٦٠) .

* عبارة عن أسطوانة مفرغة الهواء ، عليها شبكة دقيقة من الصلب ، مغطاة بطبقة من نشا البطاطس ، ويدوران الأسطوانة ، فى الأحواض التى بها كريمة الخميرة Cream yeast ، تغلف الأسطوانة بالخميرة ، التى تترشح ، ثم تكشط بسكين .



شكل ٨-٢ : خطوات الإنتاج التجاري لخميرة الخباز

الاستخدامات الصناعية للبكتريا Industrial uses of bacteria

تستخدم البكتريا على النطاق الصناعى ، لإنتاج مواد كيميائية كالأحماض العضوية ، والأمينية ، والفيتامينات (جدول ٨-٢ أ ، ب) ، والإنزيمات ، وفى المقاومة الحيوية للحشرات (جدول ٨-٣) ، وفى إنتاج المضادات الحيوية .

جدول ٨-٢ أ: بعض المنتجات الصناعية الهامة (عدا المضادات الحيوية) ، المنتجة بواسطة البكتريا

المنتج	الميكروب	المادة الخام	طبيعة التخمير	مجالات الإستعمال
كيماويات اسيتون - بيوتانول ٢.٢ بيوتان- نيول	Cl. acetobutylicum	كربوهيدرات	لاهوائى	منيب ، كيميائيات
	B. polymyxa Enterobacter aerogenes	كربوهيدرات	هوائى	منيب ، كيميائيات
داى أسيتايل	Leuconostoc citrovorum	مخلفات الآلبان مع سترات	لاهوائى	مكسبات طعم
دكستران	Leuconostoc mesenteroides	كربوهيدرات	لاهوائى	مثبتات فى الأغذية ، بديل بلازما الدم ، انتاج السيفادكس Sephadex
سوربوز	Gluconobacter suboxydans (Acetobacter suboxydans)	مستخلص خميرة مع جلوكوز ، جليسرول ، سوربيتول	هوائى	صناعة حامض الأسكوربيك (فيتامين ج)

جدول ٨-٢ ب: بعض المنتجات الصناعية الهامة (عدا المضادات الحيوية) ، المنتجة بواسطة البكتريا

المنتج	الميكروب	المادة الخام	طبيعة التخمير	مجالات الإستعمال
أحماض عضوية ، وأمينية ، وفيتامينات				
خلبك ، الخل	Acetobacter sp.	محاليل كحولية	هوائي، أكسدة	منتجات غذائية ، كيميائيات
لاكتيك	Lactobacillus delbrueckii L. bulgaricus	مواد سكرية، الشرش	لاهوائي	منتجات غذائية ، كيميائيات، المنسوجات
جلوتاميك	Brevibacterium sp.	كربوهيدرات، بيتون بيوتين ، أملاح معدنية	هوائي	إضافات للأغذية
لايسين	Micrococcus glutamicus	جليسرول ، سائل منقوع الذرة ، نثروجين معدني	هوائي	إضافات للأغذية
كوبالامين (فيتامين ب١٢)	Propionibacterium freudenreichii Streptomyces olivaceus	مواد سكرية ونثروجينية سائل منقوع الذرة	هوائي هوائي	إضافات للأغذية ، نواحي طبية

جدول ٨-٣ : بعض المنتجات الحيوية الهامة المنتجة بواسطة البكتريا

المنتج	الميكروب	مجالات الإستعمال
إنزيمات أميليز بكتيرى	<i>B. subtilis</i>	تحليل النشا، النسيج ، الورق
بروتينيز بكتيرى	<i>B. subtilis</i>	تسوية اللحم ، الجلود ، الآلياف ، إزالة البقع
إستربتو كابينيز	<i>Streptococcus equisimilis</i>	استعمالات طبية لإذابة الجلطة
مبيدات مبيدات حيوية للآفات	<i>B. thuringiensis</i> <i>B. popilliae</i> <i>B. sphaericus</i>	مقاومة يرقات الحشرات ، خاصة حرشفية الأجنحة مقاومة البعوض

إنتاج الخل : Vinegar

الخل ، عبارة عن حامض خليك ، به مواد أخرى متنوعة ، كالإسترات ، والجليسرول ، والزيوت الطيارة ، التى تتكون أثناء التخمر ، وتكسبه الطعم الخاص . ويوجد أنواع متعددة من الخل ، يعود الاختلاف بينها أساسا ، إلى نوع المادة المستعملة فى إنتاج الكحول ، والتى منها : عصير الفواكه ، النبيذ ، الشربات ، السوائل السكرية ، والمواد النشوية المتحللة . وعموما ، يحتوى الخل الناتج ، على نسبة من حامض الخليك ، لاتقل عن ٤% .

الميكروب المستخدم

يتضمن إنتاج الخل ، عمليتين أساسيتين ، لكل منهما الميكروب الخاص بها

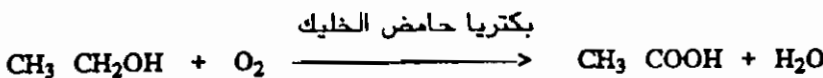
١- إنتاج الكحول من المواد السكرية لاهوائيا ، بواسطة الخميرة ، حسب النظام المتبع فى عملية التخمير الكحولى .

٢- أكسدة الكحول إلى حامض خليك هوائيا ، بواسطة بكتريا حامض الخليك ، وذلك بعد ضبط نسبة الكحول ، بالسائل المتخمر إلى ١٠-١٣% ، وإضافة خل حديث غير مبستر ، بنسبة ١٠-٢٠% ، ليعمل كلقاح ، ويساعد على التعقيم الجزئى من البكتريا غير المرغوب فيها ، وليجعل الوسط حامضيا ، مناسباً لنمو بكتريا حامض الخليك .

بكتريا حامض الخليك ، بكتريا هوائية حتما ، تتبع جنسى *Acetobacter* , *Gluconobacter* ، ومن أهم أفرادها المستعملة فى الإنتاج :

A. aceti , *A. pasteurianum* , *G. suboxydans* (formerly *A. suboxydans*)

البكتريا عسوية ، مفردة أو فى سلاسل ، غير متجترمة ، الخلايا الحديثة سالبة لصبغة جرام ، متحركة (بفلاجلات محيطية فى جنس *Acetobacter* ، وبفلاجلات طرفية فى جنس *Gluconobacter*) . وتحصل هذه البكتريا ، على الطاقة اللازمة لها ، من أكسدة المواد العضوية ، إلى أحماض عضوية . وفى التخمير الخليكى ، فإنها تحصل على الطاقة اللازمة لها ، من أكسدة الإيثانول ، إلى حامض خليك ، تحت الظروف الهوائية ، حسب المعادلة العامة التالية



إيثانول

حامض خليك

ولاينصح باستعمال مزرعة نقية فى إنتاج الخل ، لأن المزرعة الخليطة من بكتريا حامض الخليك ، أعلى كفاءة فى إنتاج الخل ، من المزرعة النقية .

الإنتاج

يستعمل لإنتاج الخل ، أنواعا مختلفة من المخمرات ، تعتمد كلها على توفير الظروف المناسبة ، لأكسدة الإيثانول إلى خليك ، بواسطة بكتريا حامض الخليك . والشكل (٨-٣) ، يوضح نوعين من هذه المخمرات ، المستعملة فى الإنتاج بالطريقة السريعة ، وهما المولد Generator ، ومخمر طريقة المزرعة المغمورة Submerged method .

فى طريقة المولد ، يمرر الكحول المضبوط تركيزه ، والمحمض بالخل ، والمضاف له المواد الغذائية ، المناسبة لنمو بكتريا حامض الخليك ، يمرر من أعلى المولد إلى أسفل ، على نشارة (قشور) خشب* Wood shaving ، (وهى مادة مفككة ، تعمل كحامل لبكتريا حامض الخليك ، وتسمح بالتهوية) ، ملقحة ببكتريا حامض الخليك ، مع إمرار الهواء المضغوط بالمولد ، من أسفل إلى أعلى ، وضبط الحرارة بين ٢٥-٣٥°م . ويلاحظ ، أن إرتفاع أو إنخفاض الحرارة عن هذه الحدود ، يؤثر على نمو بكتريا حامض الخليك ، ويشجع نمو الميكروبات الأخرى ، غير المرغوب فيها .

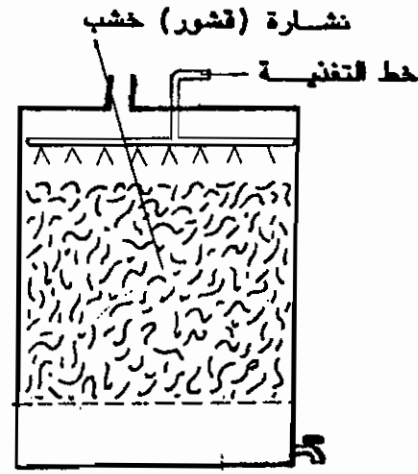
وأثناء مرور الكحول على نشارة الخشب ، تقوم بكتريا حامض الخليك ، بأكسدة الإيثانول ، تحت الظروف الهوائية ، إلى خل ، الذى يجمع من قاع المولد

يتم التخمر فى عدة أيام بطريقة المولد ، أما إذا أستخدمت الطريقة المغمورة فى الإنتاج ، وهى طريقة مشابهة لطرق إنتاج المضادات الحيوية ، حيث تستعمل مخمرات كبيرة الحجم ، مزودة ببيئة التخمر ، واللقاح ، مع التهوية والتقليب ، فإن التخمر يتم فى حوالى ٣٠ ساعة .

تحت الظروف المناسبة من الإنتاج ، فإن كل ١٠٠ جزء جلوكوز بالبيئة ، تكون ٥٠ جزء حامض خليك ، أو ، أن كل ١ جم كحول ، تكون ١,٢٦ جم حامض خليك ، ونحصل فعلا ، على حوالى ٩٠% حامض خليك من هذه الكمية .

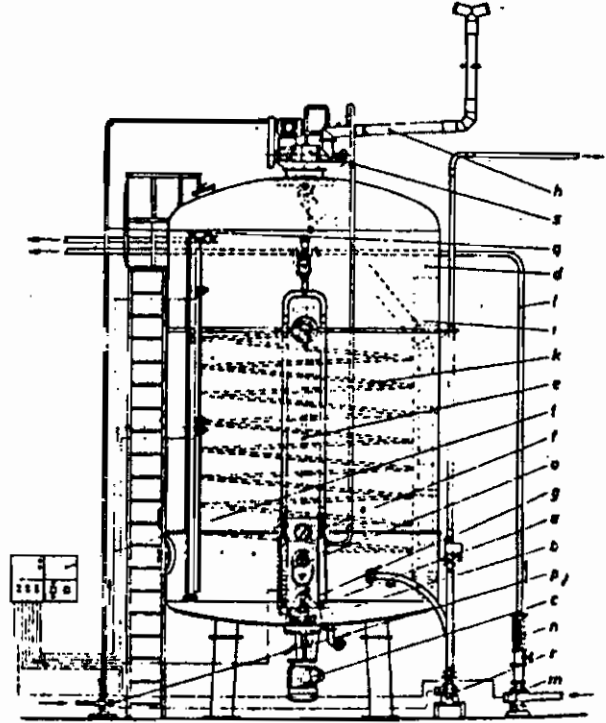
الخل الناتج من التخمر ، لونه ابيض ، تركيز حامض الخليك به ، حوالى ١٠% ، وتعزل هذه النسبة ، بالتخفيف إلى حوالى ٤ - ٦% ، بعد عملية التخمر.

* عادة مايستعمل قشور خشب البلوط الخام ، ويوضع بين قشور الخشب بالمخمر ، لأنابيب ملتفة (سريبتين) ، يمرر بها ماء بارد ، لخفض درجة الحرارة الناتجة عن التخمر الهولشى .



حجرة تجميع الخل

أ- المولد



ب- المخمر

شكل ٣-٨ : إنتاج الخل بالطريقة السريعة

أ - المولد : ينساب محلول مخفف من الكحول ، خلال نشارة (قشور) خشب مغطاة بالأسيتوباكتر ، فيتأكسد الكحول إلى خل .

ب- المخمر : يتم إنتاج الخل بالأكسدة ، تحت ظروف المزرعة المغمورة .

قد يجرى للخل المنتج عمليات تكميلية ، كالتخزين للتعتيق ، فى براميل معلوقة تماما (لمنع نشاط البكتريا الهوائية) ، والترويق بالترشيح ، من خلال مرشحات اسبستوس ، ثم التعبئة فى زجاجات ، والبسترة على درجة ٦٠°م ، لعدة دقائق .

فساد الخل

يفسد الخل بواحد ، أو أكثر ، من الأسباب التالية

- ١- استعمال الأواني المعدنية فى الإنتاج أو للتعبئة وهذا يسبب ، تكون لون ، وعكارة بالخل ، نتيجة تفاعل حامض الخليك مع هذه الأواني ، لذلك ، تستعمل أواني خشبية ، وزجاجية ، وبلاستيكية.
- ٢- عدم تنظيم التهوية قلة التهوية أثناء التخمير ، تثبط نمو بكتريا حامض الخليك ، كما تؤدى لحبوث تخمرات غير مرغوب فيها ، كالتخمير اللاكتيكى ، والبيوتيريكى. وزيادة التهوية بعد إنتهاء التخمير ، أو أثناء التخزين ، تدفع بكتريا حامض الخليك ، إلى أكسدة الخل المتكون إلى ثانى أكسيد كربون وجماء ، للحصول على الطاقة اللازمة لها ، فتقل الحموضة بالخل .

٣- التلوث

نمو الفطريات والخمائر الغشائية على سطح الخل ، ونمو بودة الخل فى الخل ، تسبب نقص الحموضة ، وتغير طعم الخل ، وفساد منظره . ولتجنب هذا الفساد ، يزوق الخل بعد إنتاجه ، ويبستر فى الأواني المعبأ بها .

Lactic acid

حامض اللاكتيك

يستعمل حامض اللاكتيك فى الأغذية ، وفى صناعة الورنيش ، واللدائن ، والمنسوجات ، كما تستعمل مشتقاته فى الأغراض الطبية ، مثل لاكتات الكالسيوم ، لعلاج نقص الكالسيوم ، ولاكتات الحديد ، لعلاج الأنيميا.

المادة الخام

ينتج حامض اللاكتيك تخميريا ، من المواد الكربوهيدراتية ، مثل النبره ، نشا البطاطس ، المولاس ، الشرش . وعند استعمال المواد النشوية ، فيجب أن تحلل أولا قبل التخمير ، إلى جلوكوز ، بواسطة الإنزيمات ، أو الأحماض .

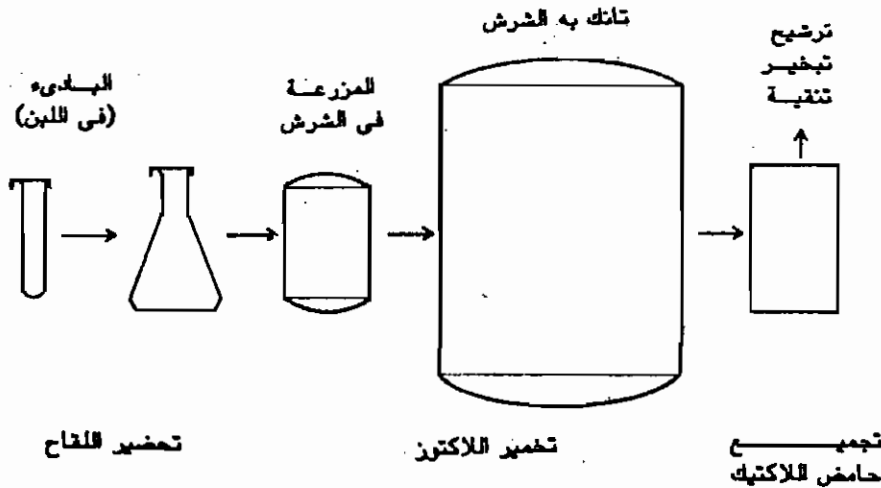
ويتوقف إختيار نوع المادة الكربوهيدراتية المستخدمة ، على توفرها بالسوق المحلي ، ونوع المعاملة اللازمة قبل التخميز ، والتكلفه الإقتصادية.

الإنتاج

يتم تحضير البيئة الملقحة بالمخمر ، على درجة ٤٣°م ، وهي درجة مناسبة لنمو الميكروب ، وفي نفس الوقت تحد من نمو الميكروبات الأخرى المنافسة .

أثناء التخمير ، يضاف باستمرار $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ، لمعادلة حامض اللاكتيك المتكون ، حتى تستمر عملية التخمير ، عند $\text{pH} = 6 - 6,5$.

يتم التخمير لاهوائيا في خلال يومين ، يتحول خلالها مايزيد عن ٨٥% من سكر اللاكتوز ، إلى حامض لاكتيك . وبعد إنتهاء التخمير ، يغلى السائل المتخمير لتجميع البروتين ، ثم يرشح للحصول على لاكتات الكالسيوم ، ثم تعامل اللاكتات بحامض الكبريتيك ، فترسب كبريتات الكالسيوم ، وينفرد حامض اللاكتيك ، الذي يركز بالتسخين تحت تفريغ ، ثم تجرى عمليات تنقية للحامض المتكون (شكل ٨-٤) .



شكل ٨-٤ : إنتاج حامض اللاكتيك من الشرش بواسطة Lactobacillus bulgaricus .

Acetone - Butanol

الأسيتون - بيوتانول

نشأت هذه الصناعة التخمرية ، أثناء الحرب العالمية الأولى ، بسبب الحاجة إلى الأسيتون في المفرقات . ورغم أن إنتاج هذه المواد ، يتم الآن تخليقيا ، من نواتج البترول ، إلا أن تصنيعها بيولوجيا ، مازال قائما في بعض البلاد .

يستعمل الأسيتون كمذيب ، وفي المفرقات ، والحديد الصناعي ، وفي تحضير الصمغ .
ويستعمل البيوتانول كمذيب ، وفي البويات ، والبلاستيك ، وفي إنتاج الإسترات، المستعملة في الصناعة، كمادة واقية للأسطح Protective coating.

البيئة المناسبة

يمكن استعمال المخلفات الكربوهيدراتية القابلة للتخمر ، كمصدر كربوني مناسب في بيئة التخمر ، فيستعمل مهروس الذرة ، بنسبة ٦ - ٩% من البيئة ، أو المولاس المعبل به نسبة السكر إلى ٥ - ٦% ، مع إضافة كبريتات الأمونيوم . وضبط الـ pH عند حوالي ٧,٢ .

الميكروب

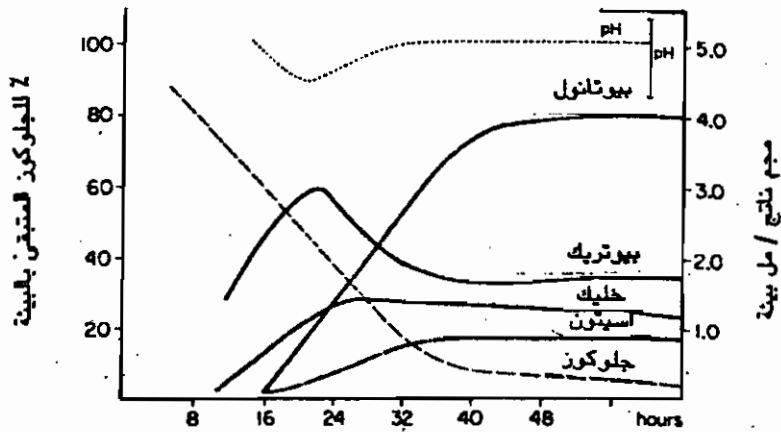
يختلف الميكروب المستعمل في التخمر ، باختلاف المصدر الكربوهيدراتي في البيئة . فيستعمل Clostridium acetobutylicum ، في حالة إستخدام مهروس الذرة ، ويستعمل Cl. saccharoacetobutylicum ، في حالة إستخدام المولاس . وهذه الميكروبات عصوية ، متجربة ، موجبة لصبغة جرام ، لاهوائية ، متحركة .

عموما ، فإن اللقاح المستخدم ، يجب أن يكون من مزرعة نشطة ، نقية ، مع مراعاة ، تعقيم جميع الأدوات ، المستخدمة في الإنتاج ، لأن التلوث ببكتريا حامض اللاكتيك ، أو البكتريوفاج ، يؤدي إلى فشل نزع في التخمر.

الإنتاج

يضاف اللقاح إلى بيئة التخمير ، بنسبة ٥% من حجم البيئة ، وتحضن على درجة ٣٠-٣٧°م ، تحت ظروف لاهوائية ، مع مراعاة ضبط pH البيئة ، بإضافة كربونات الكالسيوم أثناء التخمير . ويبدأ التخمير عند pH ٦,٥ ، ويصل في نهاية فترة التخمير ، إلى ٥,٠ .

يتم التخمير في حوالي ٣ أيام (شكل ٨-٥) ، حيث ينتج حوالي ٣٠% من المذيبات ، على أساس وزن بيئة التخمير . وتشمل المذيبات المتكونة : البيوتانول ، الأسيتون ، الإيثانول ، بنسبة حوالي ٦٠ : ٣٠ : ١٠ . وتستخلص المذيبات الناتجة ، بالتقطير . ويلاحظ أن نجاح هذه الصناعة ، يعتمد على التحكم في أسباب التلوث ، من الكائنات غير المرغوب فيها ، التي تفسد عملية الإنتاج .



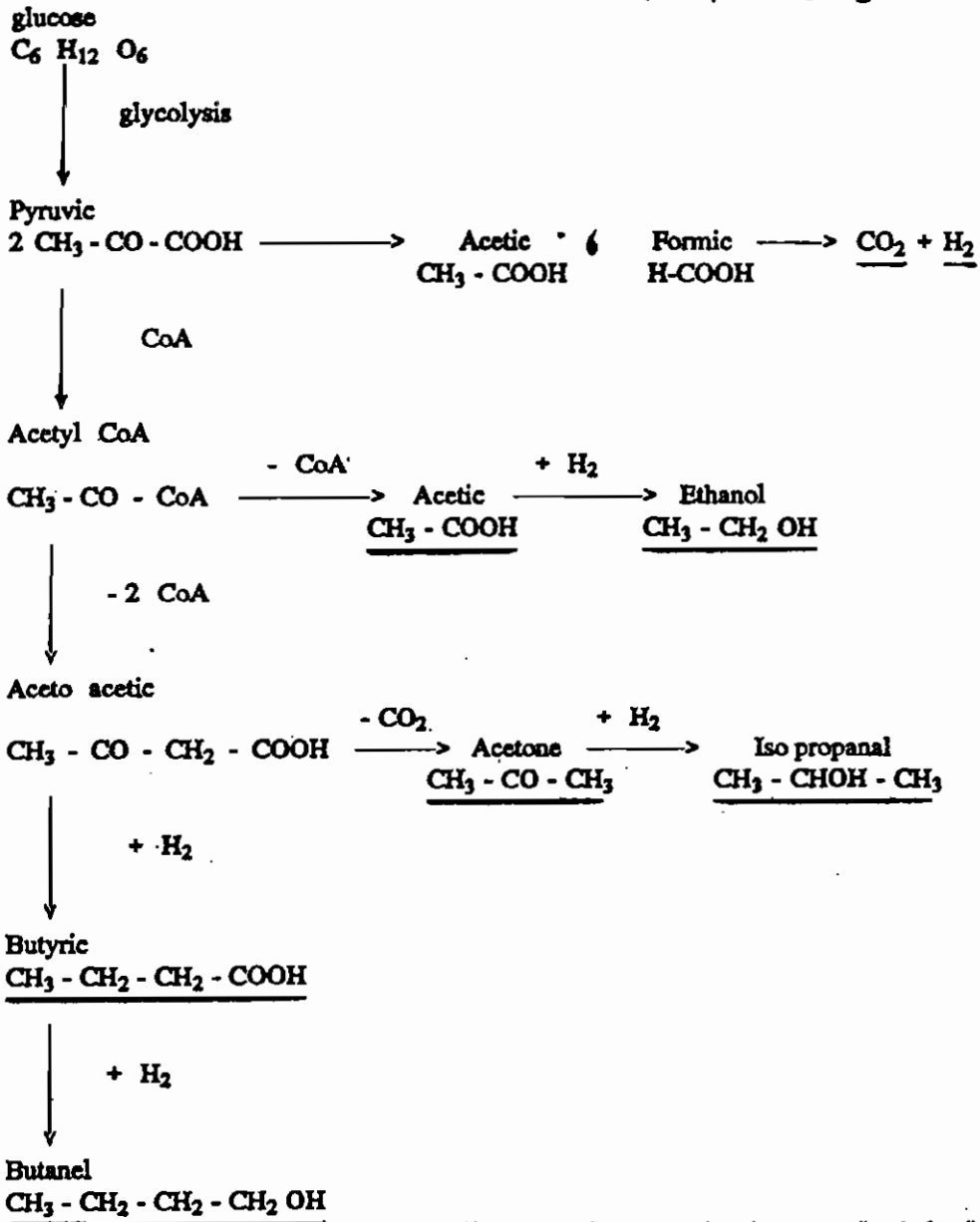
شكل ٨-٥ : تخمر الجلوكوز بواسطة Clostridium acetobutylicum

الغازات الناتجة من التخمير

أثناء التخمير ، تتكون كميات كبيرة من غازات : ثاني أكسيد الكربون (حوالي ٦.٧% من جملة الغازات الناتجة) ، وإيدروجين (حوالي ٣٣% من الغازات الناتجة) . تجمع الغازات الناتجة لتستخدم في الأغراض الصناعية.

التفاعلات البيولوجية

فى هذا التخمر ، فإنه بالإضافة إلى الأسيتون ، والبيوتانول ، والإيثانول ، والغازات المتكونة ، فإنه ينتج أيضا بعض النواتج الأخرى ، كما هو موضح فى النظام التالى



المركبات التى تحتها خط ، هى نواتج نهائية للتخمر

إنتاج الأحماض الأمينية

تستطيع الكثير من الميكروبات ، تخليق الأحماض الأمينية اللازمة لها ، من مواد نتروجينية غير عضوية . وكمية الأحماض المتكونة ، قد تفوق حاجة الخلية الميكروبية ، فتفرز في البيئة .

وقد لوحظ ، أن بعض الميكروبات ، قادرة على تكوين كميات كبيرة ، من الأحماض الأمينية ، تصلح لإنتاجها تجاريا ، مثل أحماض : اللايسين ، الأسبارتيك ، الجلوتاميك ، التربتوفان ، الثرايونين .

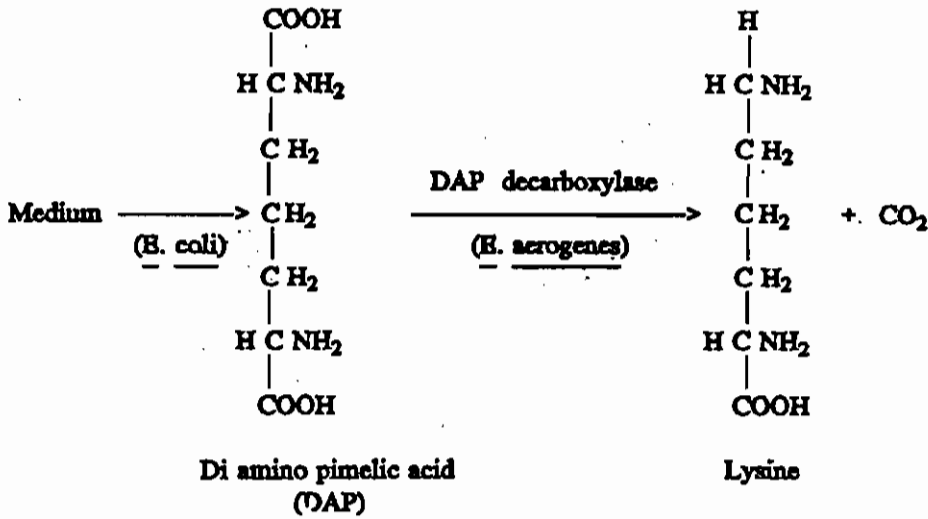
إنتاج اللايسين L - Lysine production

اللايسين ، من الأحماض الأمينية الأساسية في التغذية . وهو يضاف للبروتينات النباتية ، لسد النقص في محتواها ، من هذا الحامض الأميني ، كما يضاف للخبز ، وبعض المواد الغذائية .

تعتمد إحدى الطرق المستخدمة تجاريا ، لإنتاج اللايسين ميكروبيا على مرحلتين أساسيتين ، ولكل مرحلة الميكروب الخاص بها

١- تكوين حامض داي أمينو پيميليك Di amino pimelic acid (DAP) ويتم ذلك ، بواسطة بكتريا E. coli .

٢- نزع مجموعة كربوكسيل من الحامض السابق وذلك ، بواسطة إنزيم DAP decarboxylase ، الناتج من بكتريا Enterobacter aerogenes ، حسب التفاعل التالي



ينمى *E. coli* ، فى بيئة تحتوى على الجليسرول ، وسائل منقوع النرة ، و $(\text{NH}_4)_2\text{H PO}_4$ ، مع توفير الظروف المناسبة ، من تهوية ، وحرارة ، و pH .
وبعد حوالى ٣ أيام من التحضين ، يضاف إنزيم DAP decarboxylase .
لتحويل حامض DPA ، إلى لايسين .

إنتاج الجلوتاميك L. Glutamic

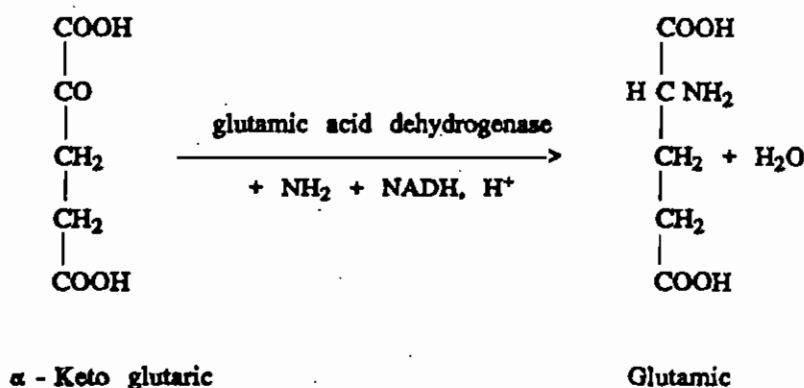
يستعمل حامض الجلوتاميك ، كمضافات غذائية ، وكمادة مكسبة للطعم والنكهة ، وهو يضاف للأغذية ، فى صورة جلوتامات أحادى الصوديوم .
Mono sodium glutamate .

تستطيع أنواع عديدة من الميكروبات ، خاصة التابعة للبكتريا ، والفطر ، إنتاج حامض الجلوتاميك ، بكميات كبيرة ، تحت شروط هوائية .
والأنواع البكتيرية المستخدمة صناعيا ، تتبع أجناس

Arthrobacter , *Brevibacterium* , *Micrococcus*

تستخدم بكتريا *Brevibacterium divaricatum* بكثرة في الإنتاج . وتتكون البيئة أساسا ، من كربوهيدرات ، ببتون ، أملاح معدنية ، بيوتين . وتركيز البيوتين في البيئة ، له تأثير كبير على كمية حامض الجلوماتيك المنتج ، وعادة ما يضاف البيوتين ، بنسبة ٢,٥ ميكروجرام / لتر بيئة . وزيادة ، أو نقص تركيز البيوتين عن ذلك ، يضر بالإنتاج .

يتم التحضين تحت شروط هوائية تماما ، على درجة ٣٠°م لمدة يومين . ويعتبر حامض الفاكيتو جلوتاريك ، الناتج من دورة كربس TCA cycle* ، هو المادة الممهدة (المهيئة) Precursor ، لتكوين حامض الجلوتاميك ، حسب المعادلة التالية



* أحد دورات التمثيل الغذائي الأساسية ، بالكائنات الحية ، الخاصة بعمليات الهدم والبناء ، وتتم تحت ظروف هوائية ، وتسمى دورة كربس Krebs cycle ، أو دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل Tricarboxylic acid cycle (TCA cycle) ، أو دورة حامض الستريك Citric acid cycle .

الإستخدامات الصناعية للفطريات

Industrial uses of fungi

ينتج العديد من المواد ، على مستوى تجارى ، بواسطة الفطريات ، ويمثل البنسلين ، واحدا من أهم تلك المواد . كما تستخدم الفطريات أيضا، لتخمير الأرز ، لإنتاج الكثير من المواد المتخمرة بالشرق الأقصى ، كما تستخدم الفطريات فى إنتاج مواد حيوية ، وأحماض عضوية ، وإنزيمات كالأميليز ، والبروتيز ، والبكتينيز ، وتستخدم هذه المواد بكثرة ، فى المجالات الصناعية (جدول ٨-٤) .

تحضير المزرعة وإعداد اللقاح

يشترط فى السلالات الفطرية ، المنتخبة للعمليات التخمرية ، كما ذكر سابقا ، أن تكون قادرة على الإنتاج العالى ، ثابتة الصفات ، سريعة النمو ، وغير ممرضة .

تحضر عادة مزرعة الفطر الأم mother culture ، على آجار مائل، لبيئة مناسبة ، مثل آجار المولت . ويمكن حفظ المزرعة فى صورة جراثيم، لمدد طويلة ، بالتجفيد ، أو فى تربة معقمة .

ويوجد طرق عديدة ، لإنتاج كميات كبيرة من اللقاح Stock culture ، من المزرعة الأم ، فى صورة جراثيم أو ميسيليوم ، لتلقيح المخمرات . ومن هذه الطرق

١- النمو السطحى للفطر ، فى بيئة سائلة أو بيئة آجار فى دوارق ، أو فى بيئة ضحلة (قليلة العمق) فى صوانى Trays .
يجمع النمو من على سطح البيئة ، وقد يغسل ، ويجفف ، ويخلط مع مسحوق جاف كالدقيق ، ويستعمل كلقاح .

٢- النمو فى نخالة القمح Wheat bran ، المفككة الرطبة ، المضاف لها المواد الغذائية السائلة المناسبة ، مثل سائل منقوع الذرة . وتستعمل النخالة النامى بها الفطر كلقاح ، بعد تجفيفها ، وطحنها .
وتستعمل الطريقتان السابقتان (رقم ١ ، ٢) ، فى حالة التخمير بطريقة المزرعة السطحية .

جدول ٨-٤ : بعض المنتجات الصناعية الهامة عدا المضادات الحيوية، المنتجة من الفطريات

المنتج	الميكروب	مجالات الإستعمال
أحماض عضوية ستريك	<i>Aspergillus niger</i> <i>A. wentii</i>	الأغذية ، نواحي طبية
فيوماريك	<i>Rhizopus nigricans</i>	صناعة الراتنجات ، عامل إبتلال
جلوكونيك	<i>A. niger</i>	الألوية ، المشعوجات ، التصوير
إيتاكونيك	<i>A. terreus</i>	صناعة الراتنجات ، عامل إبتلال
إنزيمات فطرية أميليز	<i>Aspergillus niger</i> <i>A. oryzae</i>	تحليل النشا ، النسيج ، الورق
بروتينيز	<i>Aspergillus wentii</i> <i>A. aureus</i>	تحليل البروتين ، تسوية اللحم ، الجلود واللباغ، ترويق العصير
بكتينيز	<i>A. wentii</i> , <i>A. aureus</i>	تحليل البكتين ، ترويق عصير الفواكه
جلوكوز أكسيديز	<i>Penicillium notatum</i>	الصناعات الغذائية ، إنتاج حامض الجلوكونيك
إنفرتيز	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	تحليل السكر ، الصناعات الغذائية
مواد حيوية جبريلليك، جبريللين	<i>Fusarium moniliforme</i>	عوامل مشجعه للنمو والانبات
11- β -hydroxy-progestrone	<i>Rhizopus nigricans</i>	إنتاج ميبروكسي كورتيكوستيرون
فيتامين ب (رايبوفلافين)	<i>Eremothecium ashbyi</i> (*)	إضافات غذائية

(*) فطر متطفل ممرض للنبات ، يتبع الفطريات الأسكية .

٣- التنمية على خبز مناسب ، أو بسكويت هش Cracker ، رطب سبق تعقيمه . وبعد تمام تجرثم الفطر ، تجفف مزرعة الخبز ، أو البسكويت ، النامي بها الفطر ، وتطحن ، وتعبأ في علب .
ويستخدم هذا اللقاح ، في تلقيح جبن الروكفور ، والكممبرت ، والجبن المشابهة .

٤- النمو بطريقة المزرعة المغمورة ، في بيئة سائلة مهواه مع التقليل ، لتنتج حبوبا أو كرياتا صغيرة Pellets ، مكونة من ميسليوم ، يحتوى ، أو لا يحتوى ، على جراثيم .
وتستعمل هذه الحبوب ، كلقاح للمخمرات ، التى يستخدم فيها طريقة المزرعة المغمورة .

حامض الستريك Citric acid

يستعمل حامض الستريك ، فى الأغذية ، والحلويات ، وكمادة مكسبة للطعم ، وفى بعض الأغراض الصناعية ، كما فى صناعة الحبر والأصباغ ، وفى بعض النواحي الطبية .
وينتج حامض الستريك ، من عصير ثمار الموالح ، أو من تخمير السكريات ، بواسطة الفطريات .

المادة الخام والبيئة

يمكن إستخدام ، أى مادة سكرية لإنتاج حامض الستريك ، غير أن أكثر هذه المواد استعمالا ، هو المولاس .

تحتوى البيئة المناسبة على ١٥-٢٠% سكر ، ويضاف لها مصدر نيتروجينى مثل الأمونيا ، أو اليوريا ، وأملاح معدنية ، خاصة الحديد والزنك والمغنسيوم ، والتركيزات المناسبة من هذه المعادن بالبيئة ، عامل مؤثر على زيادة كمية الإنتاج .

ويضبط pH البيئة عند ٢,٥ - ٣,٥ ، بإضافة حامض للبيئة ، وهذه الدرجة من الحموضة ، توقف تجرثم الفطر ، لأن إنتاج حامض الستريك ، يقف بمجرد تكوين الفطر للجراثيم ، كما أن هذه الحموضة ، تمنع التخمرات الشاذة ، وتحث تعقيما جزئيا للبيئة .

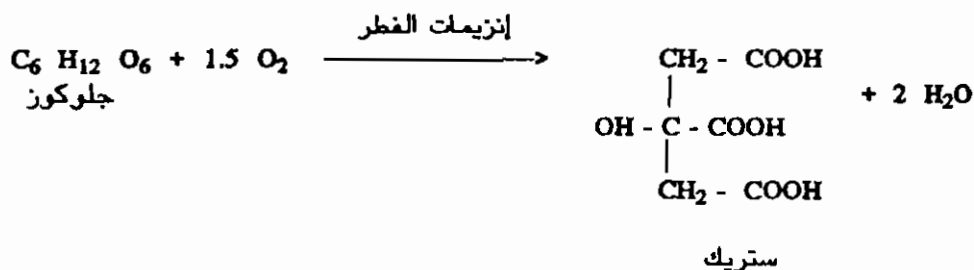
الفطر المستخدم

أنواع الفطريات ، القادرة على إنتاج حامض الستريك كثيره ، غير أن أكثرها استخداما فى الصناعة ، هى سلالات منتخبة تابعه للفطر Aspergillus niger .

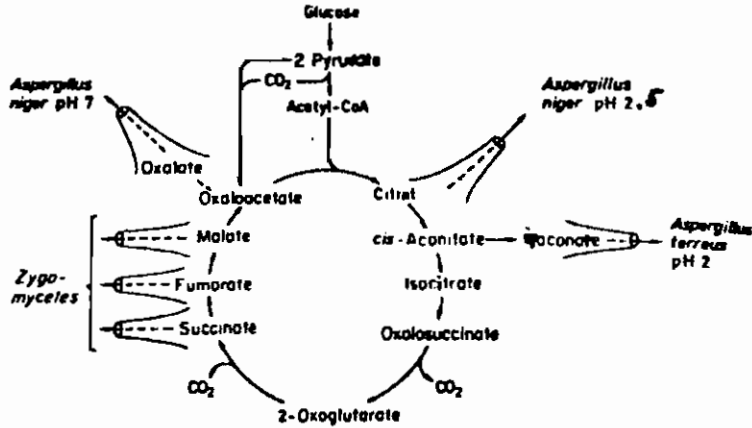
الإنتاج

الطريقة المستخدمة فى الإنتاج ، هى طريقة المزرعة المغمورة . وتمتاز هذه الطريقة بأنها أقل تكلفه ، وأعلى إنتاجا ، من طريقة المزرعة السطحية ، التى كانت مستعملة سابقا .

فى طريقة المزرعة المغمورة ، ينمى الميسليوم مغمورا فى البيئة ، مع توفير وسائل التقليب ، والتهوية بالهواء المضغوط المعقم . ويتم التخمر ، خلال عدة أيام ، على درجة ٢٥ - ٣٠° م . ويتكون الحامض طبقا لنظام دورة حامض الستريك (شكل ٨-٦) ، حسب المعادلة العامة التالية



تبلغ نسبة الانتاج ، حوالى ٦٠ - ٨٠ جم حامض ستريك لامائى لكل ١٠٠ جم جلوكوز بالبيئة . حامض الستريك الناتج من المخمر ، يبلور بالتركيز ، أو يفصل على هيئة ملح كالسيوم ، بواسطة كربونات الكالسيوم ، ثم يفصل الستريك من سترات الكالسيوم ، بإضافة حامض الكبريتيك ، ويبلور .



شكل ٨-٦ : إنتاج الأحماض العضوية بواسطة الفطريات (بورة حامض الستريك) .
لاحظ تركيز أيون الإيدروجين (pH) ، المناسب لإنتاج كل حامض .

الإنزيمات

تستطيع كثير من المجهرات ، كالبكتريا والخمائر والفطريات ، تكوين كميات كبيرة من الإنزيمات ، وإفرازها خارج خلاياها ، فى الوسط البيئى المحيط بها . ويمكن فصل هذه الإنزيمات ، من المزارع النامية بها ، وتركيزها وتنقيتها ، للاستفادة منها .

ونظرا لأن طرق فصل ، وتنقية الإنزيمات الميكروبية ، صعبة ومكلفة إقتصاديا ، فإنه من المعتاد ، وجود خليط من الإنزيمات فى أى مستحضر صناعى لها ، ولذلك ، فإن معظم هذه الإنزيمات ، يستعمل خاما Crude .

أنواع الإنزيمات الأساسية ، المستعملة صناعيا ، هى الأنواع الخاصة بالتحلل المائى ، والتى من أهمها : الأميليز Amylase ، والبروتياز Protease . ويتكون الأميليز للتجارى ، من خليط من ألفا ، وبيتا أميليز ، وهو محلل للنشا ، ويستعمل فى الأغذية ، وفى عملية تسكير النشا ، وفى صناعة النسيج ، والورق ، وفى بعض الصناعات الدوائية .

أما البروتيز ، فهو خليط من الإنزيمات ، مثل البروتيز والبيبتييز ، التي تحلل البروتين ، إلى ببتيدات ، وأحماض أمينية ، ويستعمل البروتيز في الصناعات الغذائية ، وفي الدياغة ، والمنسوجات ، وفي ترويق البيرة ، وفي المغاسل لتنظيف البقع .
وتحضر إنزيمات الأميليز والبروتيز صناعيا ، باستخدام البكتريا والفطريات (جدول ٨-٣ و ٨-٤) .

أميليز وبروتيز البكتريا

يستخدم في الإنتاج سلالات منتخبة من بكتريا *B. subtilis* . وتنمي السلالة المنتخبة في بيئة سائلة معقمة ، محتوية على مادة كربوهيدراتية مناسبة ، وبروتين ، وأملاح معدنية . ويتم الإنتاج بطريقة المزرعة السطحية ، أو المغمورة ، مع التحضين على درجة ٢٥ - ٣٧°م ، لعدة أيام ، تحت شروط هوائية .

بعد إنتهاء التحضين ، تفصل البكتريا من المزرعة بالترشيح ، أو بالطرد المركزي ، ثم تركز الإنزيمات تحت تفريغ ، وتستعمل الإنزيمات بهذه الصورة الخام ، أو يعاد إستخلاص الإنزيمات ، بالمواد الكيميائية ، ثم تركز ، وتنقى بالدليزة* ، أو التكتيف ، أو بالترسيب على مراحل ، وترسب ، وتجفف ، وتسوق .

أميليز وبروتيز الفطريات

تستخدم سلالات منتخبة من فطر *Aspergillus niger* ، *A. oryzae* ، للحصول على إنزيم الأميليز ، وتستخدم سلالات من فطر *Aspergillus wentii* ، *A. aureus* ، للحصول على البروتيز .

تلحق كونيديات السلالة الفطرية المنتخبة ، في البيئة المعقمة المناسبة ، والتي أساسها نخالة القمح ، أو رجيع الأرز ، المبللة بالعناصر الغذائية ، وذات pH مناسب لنمو الفطر ، وإنتاج الإنزيم .

(*) الديليزة Dialysis ، هي فصل المواد الذائبة من مادة غروية ، بطريقة الانتشار Diffusion ، خلال غشاء شبه منفذ .

ويتم الإنتاج ، بطريقة المزرعة السطحية أو المغمورة ، مع التحضين على درجة ٣٠°م ، لعدة أيام ، تحت شروط هوائية .

يستخلص الإنزيم ، من النخالة النامى عليها الميسليوم ، بواسطة الماء ، أو مذيب مناسب ، ويرشح المحلول الناتج ، ويستعمل المستخلص بهذه الصورة الخام ، أو تستخلص الإنزيمات من المترشح بالترسيب بكبريتات الأمونيوم ، ثم تركز الإنزيمات ، وتنقى ، وترسب ، وتجفف ، وتسوق .

Antibiotics

المضادات الحيوية

مقدمة

فى أوائل الأربعينات ، بدأت محاولات الإنتاج التخمرى للمضادات الحيوية ، بإنتاج البنسلين . ومنذ ذلك التاريخ ، أخذت تكنولوجيا التخمرات فى التطور بشكل مثير ، وقد شمل ذلك تحسين البعثات المزرعية ، وتقديم طرق عزل ، وإنتخاب السلالات الميكروبية المناسبة ، وتطوير طرق التخمر بإستخدام المزارع المغمورة ، وإنتاج أجهزة التخمر المزودة بكل وسائل التحكم ، وتطور طرق إستخلاص ، وتنقية نواتج التخمر .

ونتيجة لهذا التطور ، فى تكنولوجيا التخمرات ، تزايد الإنتاج من ١,٨ كجم من البنسلين عام ١٩٤٣ ، إلى حوالى ١٠ آلاف طن من المضادات عام ١٩٨٢ ، فى بلد واحد كالولايات المتحدة . وبفضل هذا التطور ، فقد أصبحت الصناعات التخمرية الدوائية ، ذات أسس ثابتة ومستقرة ، لايحتمل أن تتأثر بالإنتاج التخليقى لمنتجاتها ، كما حدث لصناعات تخمرية أخرى ، مثل : الأسيتون ، والبيوتانول ، وحامض الخليك ، وكحول الإيثانول .

وتعتمد اقتصاديات الإنتاج ، على استعمال مخمرات ، لاتقل سعتهها عن ١٠٠م^٣ ، مزورة بالآت تحكم بالغة الدقة ، مع استخدام أجهزة استخلاص عالية الكفاءة .

الكائنات المجهرية والمضادات الحيوية

المضادات ، نواتج ثانوية ، من نواتج التمثيل الغذائى للميكروبات Secondary metabolites ، لأن تمثيلها غير مرتبط بنمو الميكروب .
وتلعب الكائنات المجهرية ، دورا مميزا فى إنتاج المضادات الحيوية ، فأكثر من ٨٥% من المضادات ، التى تم التعرف عليها ، تكونها الميكروبات ، فحوالى ٦٠% ينتج من الأكتينوميسيتات ، و ١٠% من البكتريا ، و ١٠% من الفطريات ، والباقي من كائنات أخرى .

وتتباين الأحياء المجهرية فى تكوينها للمضادات ، فبعض الميكروبات تستطيع أن تفرز أكثر من نوع من المضادات ، مثل فطر Aspergillus fumigatus الذى يفرز كل من : Fumigacin , Fumigatin & Gliotoxin .
وهناك بعض المضادات ، التى يفرزها أكثر من ميكروب ، مثل البنسلين ، الذى يكونه كل من

Penicillium notatum , P. chrysogenum & Aspergillus flavus

وتستطيع المضادات ، أن تثبط ، أو تقتل الأحياء المجهرية ، ومدى تأثير المضادات فى ذلك يختلف ، فبعضها يؤثر على ميكروبات محددة ، والبعض يؤثر على أنواع ميكروبية متعددة ، وتسمى هذه ، مضادات ذات مجال متسع Wide spectrum .

وقد أكتشف فعلا ، مايزيد عن ٣٠٠٠ مضاد ، غير أن المستعمل منها فى العلاج ، لايتجاوز ٥٠ نوعا ، لأن أغلبها له تأثير ضار على الخلايا الحيوانية ، ومثل هذه المضادات ، قد تستعمل فى علاج أمراض النبات ، أو فى بعض الأغراض الصناعية .

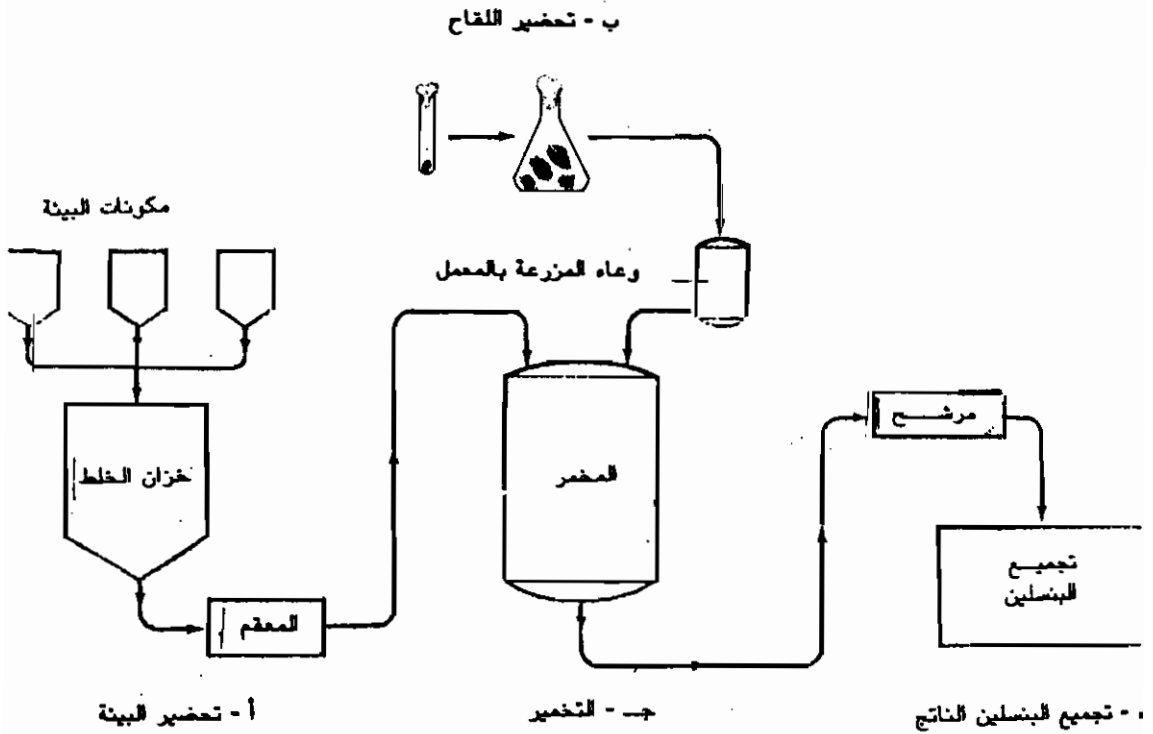
وتعتبر البنسلينات والتتراسيكلينات ، من أكثر المضادات استعمالا فى الطب العلاجى ، ولذا ، فهى تشكل الإنتاج الأساسى العالمى ، من المضادات الحيوية . وتتميز البنسلينات بإنخفاض سميتها ، لأن تأثيرها الفارماكولوجى ، يقتصر على منع تكوين جدر الخلية البكتيرية ، ولاتأثير لها على الخلايا الحيوانية .

أما تأثير التتراسيكلينات ، فيتركز فى التداخل فى أنظمة الخلية الحيوية ، ومنع تكوين بروتين خلية البكتريا ، ولها أيضا نفس التأثير ، بتركيزات أعلى ، على بروتين الخلايا الحيوانية ، ولذلك ، تكثر أعراضها الجانبية .

البنسلين Penicillin

تستخدم الكائنات الحية فى إنتاج المضادات الحيوية ، وتختلف الطرق الصناعية المستخدمة فى الإنتاج ، باختلاف المضاد الحيوى المنتج . وسنأخذ البنسلين كمثال لإنتاج المضادات .

تتلخص خطوات إنتاج البنسلين ، وكما هو موضح فى الشكل (٧-٨) ، فى الآتى :



شكل ٧-٨ : رسم تخطيطى لإنتاج البنسلين

أ - البيئة

تستخدم بيئة تحتوى على ، سائل منقوع الذرة* ، Corn steep liquor ، لاكتوز ، أملاح معدنية ، ومواد أخرى ممهدة** Precursors . يضبط إلى pH عند ٥,٥ ، تخلط البيئة ، وتعقم ، وتبرد ، وتضخ إلى المخمر .

ب- الفطر وبناء اللقاح

تستخدم سلالة نقية منتخبة من الفطر Penicillium chrysogenum ، لها القدرة العالية على الإنتاج .
ولبناء اللقاح ، ينقل الفطر مع التحضين ، من الآجار المائل ، إلى بيئة نخالة القمح ، ثم ينقل معلق جراثيم الفطر ، إلى وغاء معقم ، به بيئة التخمر ، وبذلك يتكون اللقاح ، الذى يستعمل لتلقيح المخمرات ، مع مراعاة تجنب التلوث ، أثناء بناء اللقاح ، وأثناء التخمر .

(*) سائل منقوع الذرة

محلول داكن اللون ، شرابى القوام ، متخلف ثانوى فى صناعة النشا من الذرة ، به حوالى ٥٠% مادة صلبة ، ويستعمل فى الصناعة بعد تعديل تركيبه وترشيحة كمصدر للكربون (به حوالى ٦% ، مقدرة فى صورة جلوكوز) ، والنتروجين (به حوالى ٣ - ٤% نتروجين ، فى صورة أحماض أمينية وبيبتيدات) ، ومصدر للمواد المنشطة للنمو ، مثل فيتامين ب المركب، ورقعة الإيدروجيني حوالى - ٤ ، . ويعتبر منقوع الذرة من أفضل المصادر الغذائية لإنتاج المضادات الحيوية .

(**) المادة الممهدة Precursors

يضاف للبيئة ، مواداً ممهدة (مهينه) Precursors ، لتخليق المنتج المطلوب ، فهذه المواد ، تعمل كنقطة بداية فى تكوين المضاد ، وبذلك تشجع الفطر على زيادة إنتاج البنسلين . ويوجد من هذه المواد ، عدة مركبات منها

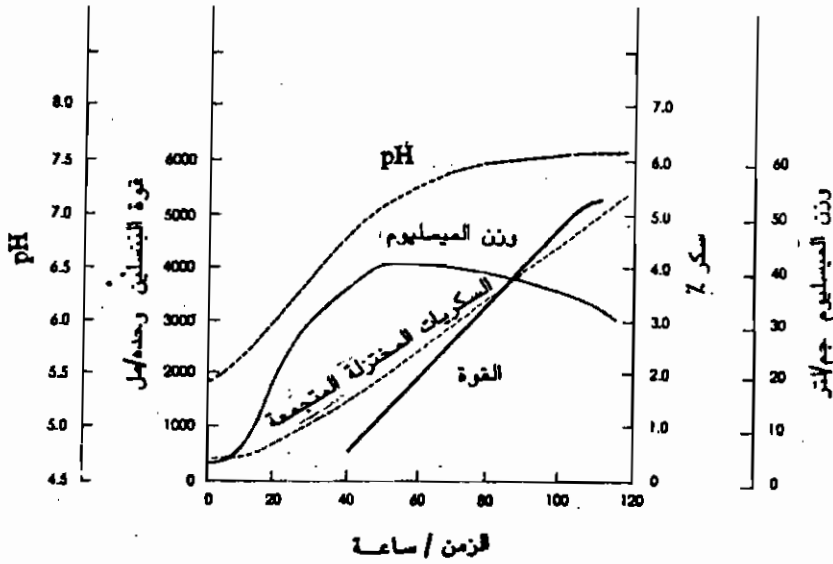
Phenyl acetic acid , Phenyl acetamide , Phenoxy acetic acid

ويؤثر المركب المضاف للبيئة ، على نوع البنسلين المتكون

ج - تلقیح بيئة المخمر ، والإنتاج

تلقح البيئة باللقاح ، بمعدل ٥% من حجمها ، ويتم الإنتاج بطريقة المزرعة المغمورة ، مع التهوية بهواء مضغوط معقم ، والتقليب خلال فترة التخمير . ويتم التخمير ، خلال عدة أيام ، على درجة ٢٢ - ٢٧°م (شكل ٨ - ٨) .

طريقة المزرعة المغمورة ، هي المستعملة الآن صناعياً في الإنتاج . فهي تعطى كمياتاً أكبر من البنسلين ، في زمن أقصر ، وتحتاج لمساحات ومعدات أقل ، وذلك إذا ما قورنت بالطرق السطحية ، التي كانت متبعة قديماً ، في الإنتاج .



شكل ٨-٨ : التغيرات البيوكيميائية التي تحدث بالمخمر أثناء إنتاج البنسلين

٦ - تجميع البنسلين الناتج

بعد إنتهاء التخمير ، ترشح المزرعة لفصل الميسيليوم : ثم يؤخذ الراشح ويستخلص منه البنسلين ، بالمنقيات العضوية ، ثم ينقى بالترسيب ، وتعاد الإذابة والترسيب والترشيح ، ويركز البنسلين ، ويبلور ، ويجفف ، ويعبأ .

ويتجه الإنتاج الآن ، إلى زيادة إنتاج أنواع البنسلين ، التى يتم تداولها عن طريق الفم . وتمثل هذه الأنواع حوالى ٥٠% ، من الإستهلاك الكلى للبنسلين ، فى بعض البلاد .

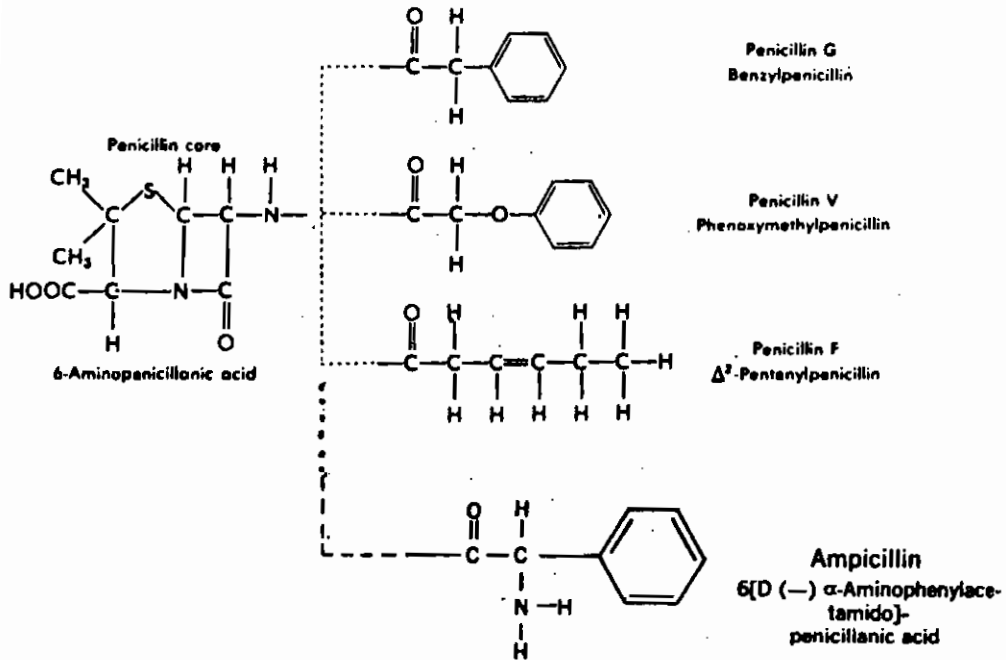
الخواص والإستعمال

البنسلينات ، عبارة عن أملاح صوديوم أو بوتاسيوم ، لحامض 6 - amino - penicillanic acid (نواة البنسلين) ، وتختلف البنسلينات فيما بينها ، حسب نوع مجموعة الـ Acyl ، المكونة للسلسلة الجانبية للحامض. ويحدد هذه السلسلة ، فى البنسلينات الطبيعية نوع المادة الممهدة Precursor، المضافة لبيئة التخمر . وقد أمكن أيضا ، بالمعالجة الكيميائية للبنسلين النقى ، الناتج من التخمر ، تغيير مجموعة الأسايل ، وإنتاج أنواع جديدة من البنسلينات ، كالأمبيسلين ، ذات أهمية علاجية كبيرة .

عموما ، فإننا نجد أن البنسلين المنتج تخميريا ، عبارة عن خليط من ستة أنواع ، وذلك حسب نوع السلسلة الجانبية لنواة البنسلين (شكل ٨-٩) . وأهم هذه الأنواع ، بنزاييل البنسلين Benzyl penicillin ، وإسمه الشائع Penicillin G ، وهو المقصود عند ذكر كلمة بنسلين .

البنسلين قابل للذوبان فى الماء ، وهو يؤثر على البكتريا الموجبة لجرام، بتثبيطه للإنزيمات ، المسئولة عن ربط مكونات معقد الببتيدوجلوكان، المكون لجدار خلية البكتريا ، وبذلك ، فإنه يوقف تكوين الجدار ، فى خلايا البكتريا حديثة التكوين ، التى تنفجر وتموت ، فى الوسط سوى الأسمونية . Isotonic

يمتاز البنسلين ، بقلّة سميته لخلايا الإنسان والحيوان ، غير أنه يسبب حساسية شديدة لبعض الأشخاص ، كما تتكون نتيجة للعلاج الطويل بالمضادات ، سلالات من الميكروبات المرضية ، مقاومة للمضادات Resistant strains ، وهذه ، تأتى نتيجة تكون طفرات جديدة مقاومة للمضادات ، أو نتيجة لوجود بلازميد (من النوع الذى يحمل عامل المقاومة R factor) ، حيث يحمل هذا البلازميد ، الجينات التى تكون الإنزيمات ، التى تغير من تركيب المضاد ، فيفقد المضاد تأثيره ، كمضاد حيوى .



شكل ٨-٩ : بعض أنواع من البنسلينات ، يتضح بها نواة البنسلين الأساسية 6-amino penicillanic acid ، والسلاسل الجانبية ، التي تختلف من نوع لآخر ، وتعطى لكل نوع مميزات الخاصة

بنسلين G : يستعمل حقن تحت الجلد ، أو في العضل ، وينتج بالتخمير

بنسلين V : يستعمل عن طريق الفم ، لأنه مقاوم لتأثير حموضة المعدة ، وينتج بالتخمير

Ampicillin : يستعمل عن طريق الفم ، لأنه مقاوم لحموضة المعدة ، ونو مجال متسع ، وينتج بالتخليق الكيميائي

إنتاج المضادات الأخرى

تنتج المضادات الأخرى ، بإستخدام طرقا مشابهة لإنتاج البنسلين . وتتركز الاختلافات ، فى نوع الميكروب المستخدم فى الإنتاج ، وتركيب البيئة ، وطرق الإستخلاص . ويستعمل بعض المنتجين ، نفس أجهزة تخمير البنسلين، لإنتاج أنواع مختلفة من المضادات .

وجداول (٨-٥) ، يبين خواص ، وإستعمالات بعض المضادات المنتجة ، بواسطة الميكروبات .

جدول ٨-٥: خواص وإستعمالات بعض المضادات المنتجة بواسطة الميكروبات

المجموعة الكيميائية	اسم المضاد الشائع (والجاري)	الميكروب المنتج	الميكروبات المتأثرة	طريقة التأثير
Aminoglycosides	Streptomycin	<i>Streptomyces griseus</i>	بكتريا جرام موجب، جرام سالب، والمصادمة للأحماض	تنشيط عمل الريبوسوم 50S
	Neomycin (Flavomycin) Kanamycin (Kantrex)	<i>S. fradiae</i> <i>S. kanamyceticus</i>	مثل الإستربتوميسين	تنشيط عمل الريبوسوم 50S
			مثل الإستربتوميسين	تنشيط عمل الريبوسوم 50S
B-Lactams	Penicillins* Ampicillin*	<i>P. chrysogenum</i> <i>P. chrysogenum</i>	البكتريا الموجبة لجرام البكتريا السالبة لجرام	منع تكوين جدار الخلية منع تكوين جدار الخلية
Benzene derivative	Chloramphenicol** (Chloromycetin)	<i>S. venezuelae</i>	نكث مجال ميكروبي متوسع بكتريا موجبة وسالبة ، وريكتسيا ، وبعض الفيروسات الكبيرة	تنشيط عمل الريبوسوم
Cyclohexane	Cycloheximide (Actidione)	<i>S. griseus</i>	المضادات المزعومة	تنشيط نكث DNA

تأليف جـ ٨-٥ :

طريقة التأثير	الميكروبات المتأثرة	الميكروب المعتمد	اسم المضاد الفاعل (والتجاري)	المجموعة الكيميائية
إتلاف الغشاء السيتوبلازمي	المطريات الممرضة	<i>P. griseofulvin</i>	<i>Griseofulvin</i> (Grifulvin)	Heterocyclic-oxygen compounds
تنشيط عمل الريبوسوم 50S	البكتريا الموجبة لجرام	<i>S. erythraeus</i>	<i>Erythromycin</i> (Erythrocin)	Macrolides
تنشيط عمل الريبوسوم 50S	البكتريا الموجبة لجرام	<i>S. halstedii</i>	<i>Carbomycin*</i> (Magneamycin)	
تنشيط عملية التنفس (لا يستعمل طليفاً)	أنواع عديدة	<i>Ps. aeruginosa</i>	<i>Pyocyanin</i>	Phenazine
تنشيط عمل استقولات الفشاء السيتوبلازمي	<i>Candida sp.</i>	<i>S. nodosus</i>	<i>Amphotericin</i> (Fungizone)	Polyenes
تنشيط عمل استقولات الفشاء السيتوبلازمي	القطريات الممرضة والكائنات	<i>S. noursei</i>	<i>Nystatin</i>	
تنشيط نهائية الفشاء السيتوبلازمي	بروتوزوا اللمستتاريا	<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Fumagillin</i>	

تأليف جدول ٨-٥ :

المجموعة الكيميائية	اسم المضاد الشائع (والتجاري)	الميكروب المنتج	الميكروبات المتأثرة	طريقة التأثير
Polypeptides	Polymyxin G* (Aerosporin) Bacitracin*, P Subtilin P Gramicidin*	B. polymyxa	البكتريا السالبة لجرام	إتلاف الغشاء السيترولازمي
		B. subtilis	البكتريا الموجبة لجرام	منع تكوين جدار الخلية
		B. subtilis	البكتريا الموجبة لجرام	منع تكوين جدار الخلية
		B. brevis	البكتريا الموجبة لجرام	تنشيط الغسفرة التأكسدية
Tetracyclines	Tetracycline** (Achromycin) Oxytetracycline (Terramycin) Chlortetracycline** (Aureomycin)	S. aureofaciens	ذلك مجال ميكروبي متنوع بكتريا موجبة وسالبة وريكتسيا، وبعض الفيروسات الكبيرة	تنشيط تكوين البروتين
		S. rimosus	" "	" "
		S. aureofaciens	" "	" "

- * : كثير من هذه المضادات، عبارة عن خليط لعدة أنواع ، مثل بنسلين F ، G ، K ، V ، X ، و بوليمكسين A ، B ، C ، D ،
- ** : تصنع هذه المضادات الآن بالتخليق الكيميائي
- P : يستعمل هذا المضاد خارج الجسم ، لأن تأثيره الداخلي سام

Petroleum microbiology**ميكروبيولوجيا البترول**

ترتبط الكائنات الدقيقة بالبترول ، من حيث : تكوينه ، واستخلاصه ، وتحطه ، واستعماله . وتتطلب الدراسات فى هذا المجال ، التعاون الوثيق بين المتخصصين فى مجالات عديدة ، منها علوم الميكروبيولوجيا ، الكيمياء ، الفيزياء ، الهندسة ، والجيولوجيا . ويمكن تلخيص ، بعض النواحي المتعلقة بميكروبيولوجيا البترول ، فى النقاط التالية

Petroleum formation**تكوين البترول**

تتكون معظم المواد الرسوبية ، فى الأوساط البحرية ، من خلايا ميكروبية ميتة . وكذلك ، تتعرض هذه المواد المترسبة ، لتحولات بيوكيميائية ، تتم بواسطة مجموعات عديدة من الأحياء المجهرية . وتؤثر هذه العمليات على عملية تكوين ، وإنتاج البترول ، حيث يحتوى البترول الخام ، على هيدروكربونات عديدة ، مع مركبات أخرى من النتروجين ، والكبريت ، والفوسفور ، وبعض العناصر الأخرى ، الناتجة من تحلل المواد العضوية .

وتحتوى تربة المناطق المحتوية على البترول **Petroleum reservoir** ، على أبخرة من هيدروكربونات ، مثل الميثان ، والإيثان . وهذه يمكن الكشف عنها ، باستعمالها كمصادر كربونية ، تضاف لبيئة مناسبة ، تحتوى على العناصر الغذائية الأخرى اللازمة ، عدا تلك المصادر الكربونية ، المطلوب الكشف عنها . وتختبر البيئة ، بتنمية الميكروبات عليها . كما أن عزل أعداد كبيرة من المجهرات ، المؤكسدة للهيدروكربونات كمصدر للكربون والطاقة ، من هذه الأراضى ، يؤخذ كدليل على وجود رواسب بترولية .

Petroleum recovery**إستخلاص البترول**

عند حفر بئر بترول ، فإن إنسياب البترول فى البداية ، من الصخور الممسوك بها ، يتم نتيجة للضغط الموجود بين الصخور . وباستمرار الإستخلاص ، ينخفض الضغط ، ويقل إنسياب البترول ، فيضغط الماء أو بخار الماء ، لإجبار زيت البترول على الصعود إلى السطح .

وهنا ، يمكن أن يلعب النشاط الميكروبي ، دورا فى استخلاص زيت البترول ، الممسوك فى الصخور . على سبيل المثال ، فإن حقن البكتريا بالنترية ، يؤدى إلى تكوين أحماض ، تساعد على إذابة الصخور ، كما يساعد الحقن البكتيرى ، على تقليل لزوجة زيت البترول ، فينسب زيت البترول الممسوك فى الصخور .

Petroleum destruction

تحلل البترول

توجد مجموعات كبيرة من الميكروبات ، التى تحلل هيدروكربونات البترول . فبعضها ، كما ذكر سابقا بالفصل الخامس ص ٩٦ ، يؤكسد غاز الميثان ، *Methylophilic bacteria* ، ومنها مايؤكسد غاز الإيثان ، مثل أنواع تابعة لأجناس *Mycobacterium* ، *Pseudomonas* ، ومنها مايؤكسد مركبات الهيدروكربون ، كالجاولين ، مسببة فساد البترول ، وتثقب خزانات الوقود فى السيارات ، والطائرات ، نتيجة تكون أحماض ، ومن هذه الأنواع المفسدة

بكتريا ، مثل *Achromobacter* ، *Alcaligenes* ، *Pseudomonas* ، *Sarcina*

وفطريات ، مثل *Aspergillus* ، *Monilia*

ومن المشاكل الكبيرة ، التى تقابل صناعة البترول ، تآكل *Corrosion* أنابيب البترول المصنوعة من الحديد ، بواسطة البكتريا المختزلة للكبريت مثل *Desulfovibrio spp.* ، التى تختزل الكبريت إلى H_2S ، وهذا يتفاعل مع حديد الأنابيب ، فتتآكل .

ويحدث بالملاحة الدولية ، وقوع بعض حوادث لناقلات البترول ، فينسب البترول بكميات كبيرة فى البحار ، وتتكون بقعا ضخمة ، من زيت البترول ، تسبب تلوثا خطيرا بالبيئة . ومن طرق التخلص من تلك البقع الزيتية ، إستعمال الطرق البيولوجية ، التى أخذ إستعمالها يتزايد باستمرار . ويتم ذلك بتلقيح بقع الزيت ، بميكروبات لها القدرة على تحليله ، وقد أمكن بالهندسة الوراثية ، الحصول على سلالات فعالة جدا من *Pseudomonas putida* ، لها القدرة على تحليل المجموعات الأربعة الرئيسية ، لهيدروكربونات البترول وهى *Camphar* ، *octane* ، *xylene* and *naphthalene* ، وبذلك يمكن التخلص من الآثار الضارة لبقع زيت البترول .

References

- Crueger, W. and A. Crueger (1982). Biotechnology : A text-book of industrial microbiology. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Mass., USA.
- Hugo, W.B., and A.D. Russell (eds.) (1977). Pharmaceutical microbiology. Blackwell Scientific, Oxford.
- Reed, G. (ed.) (1982). Prescott and Dunn's industrial microbiology. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn.
- Underkofler, L. and C. Nash (eds.) (1984). Developments in industrial microbiology. Vol 25. Soc. Industrial Microbiology, Arlington, Va., USA.
- Zahner, H. and W.K. Maas (1972). Biology of antibiotics. Springer - Verlag, New York.

الميكروبيولوجيا والأمراض

■ مقدمة

- أولاً : الفلورا (الميكروبات) الطبيعية للجسم
- ثانياً : العلاقات المتبادلة بين العائل والميكروب الممرض
- ثالثاً : المقاومة والمناعة
- رابعاً : أنتجينات والأجسام المضادة
- خامساً : بعض الأمراض الميكروبية التى تصيب الإنسان

الفصل التاسع

الميكروبيولوجيا والأمراض

Microbiology and diseases

مقدمة

يعتبر النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، العصر الذهبى لعلم الميكروبيولوجى ، وذلك عندما اكتشف ، الكثير من العوامل المعدية ، أى المسببة للأمراض . وبفضل ما أنجز منذ ذلك التاريخ ، فقد أصبح الآن عملاً روتينياً ، فى أى معمل ميكروبيولوجى ، عزل الميكروب المسبب للمرض ، فى مزرعة نقية ، ودراسة خواصه ، وسلوكه ، وطرق انتشاره ، ومعرفة طرق الوقاية منه ، وكيفية مقاومة .

وقد أفادت معرفة العوامل المسببة للأمراض ، التى يتعرض لها كل كائن تقريباً ، ودراسة طرق التحكم فيها ، والوقاية منها ، وعلاجها ، إلى الإختفاء الكامل لبعض الأمراض المميتة ، مثل الجدري ، والدفتريا ، والطاعون ، أو إلى تقليل الإصابة بها ، كما فى حالة السل ، والتيفود ، والكوليرا ، والحمى القرمزية ، ويعود كل ذلك ، إلى معرفة الأسس المتعلقة بالميكروبات ، وما تسببه من أمراض ، وفهم العلاقات المتبادلة بين العائل والميكروب الممرض ، وهى المواضيع التى سنتعرض لها فى الصفحات التالية ، من هذا الفصل ، بأجزائه الخمسة .

الفصل التاسع أولاً

الفلورا (الميكروبات) الطبيعية للجسم

- المحتوى الميكروبي الطبيعي للجسم
- فوالد الفلورا (الميكروبات) الطبيعية
- مصدر الميكروبات الطبيعية
- مميزات الميكروبات الطبيعية
- توزيع وانتشار الميكروبات الطبيعية

الجلد

العين

الجهاز التنفسي العلوي

الجهاز التنفسي السفلي

الفم

الأسنان

الجهاز المعوي

المعدة

الأمعاء الدقيقة

الأمعاء الغليظة

الجهاز البولي التناسلي

ميكروبات الفلورا الطبيعية [جدول ٩ (١) ٢٠]

أشكال ومميزات ميكروبات الجسم [شكل ٩ (١) ١٠]

■ المراجع

الفصل التاسع - أولا

الفلورا (الميكروبات) الطبيعية للجسم Natural flora

المحتوى الميكروبي الطبيعي بجسم الإنسان السليم
Microbial flora of the healthy human body

يوجد بالوسط المحيط بالإنسان ، أعداد وفيرة من الميكروبات ، بعضها منها ، يقطن بالجسم ، ويكون ما يعرف بالفلورا الطبيعية ، أو المحتوى الميكروبي الطبيعي . Normal flora , Normal microbiota ، وهذا المحتوى ، خليط من كائنات مجهرية معينة ، غير أن أغلبها بكتريا .

وتقطن الميكروبات الجلد أساسا ، والأسطح الداخلية للجسم ، مثل الأغشية المخاطية لتجويف الفم ، والجهاز التنفسي العلوي ، والجهاز الهضمي ، والجهاز التناسلي . وكثير من تلك الميكروبات ، تتأقلم لدرجة كبيرة ، على الحياة في هذه الأجزاء من الجسم .

تتضمن الميكروبات الطبيعية بالجسم ، الأنواع غير الضارة ، كما أن بعضها مفيد للعائل ، إذ توجد في حالة تعاون مع الجسم ، قد تكون في صورة تبادل منفعة Mutual association ، حيث يستفيد كل من الكائن والعائل من تلك العلاقة ، أو في صورة معايشة Commensalism ، حيث يستفيد الكائن من علاقته بالعائل ، بينما لا يتأثر العائل بتلك العلاقة .

وقد تتحول بعض الميكروبات ، الموجودة طبيعيا بالجسم ، إلى ميكروبات مرضية ، بسبب حدوث إصابة بالنسيج الذي تعيش فيه ، أو ضعف في مقاومة الجسم للعدوى ، وقد لوحظ في السنوات الأخيرة ، زيادة حالات العدوى ، الناتجة من الميكروبات ، الموجودة طبيعيا بالجسم .

فوائد الفلورا (الميكروبات) الطبيعية

من الفوائد ، التى تعود على الجسم من وجود الميكروبات النافعة ، أنها تستطيع إستخدام الفضلات ، والتغذية عليها ، فتقلل بذلك ، من ضرر تراكمها بالجسم ، كما يحدث مع كثير من بكتيريا الأمعاء ، إذ أن الميكروبات بطبيعتها كائنات للفضلات *Scavengers* .

كما يستطيع الكثير من بكتيريا الأمعاء ، تكوين فيتامينات مثل B, E, K ، وبذلك تسد جزءا كبيرا من إحتياجات الجسم من هذه الفيتامينات.

ولبعض الميكروبات الطبيعية بالجسم ، القدرة على تثبيط نمو بعض الميكروبات الأخرى ، ومنها المرضية ، وبذلك تعمل الميكروبات الطبيعية ، على حماية الجسم من الأمراض . ويتم ذلك بوسائل عديدة ، منها موت الميكروبات الضارة ، لعدم قدرتها على المنافسة ، فى الحصول على العناصر الغذائية ، ومنها تكوين الميكروبات الطبيعية لمضادات حيوية ، ونواتج تمثيلية مضادة للميكروبات الضارة ، كالأحماض العضوية ، مثل الخليك واللاكتيك ، وتوفير حموضة عالية بواسطة بكتيريا حامض اللاكتيك فى المهبل ، تحميه من الإصابة ببكتيريا السيلان ، وتكوين المادة البروتينية المسماة *Colicin* ، التى تفرزها *E. coli* القاطنة بالأمعاء ، والتى تقتل البكتيريا المعوية المرضية ، القريبة الشبه ببكتيريا *E. coli* .

مصدر الميكروبات الطبيعية (الفلورا الطبيعية)

Origin of the normal flora

جنين الإنسان السليم ، خالى من الميكروبات ، ويبدأ التلوث بالميكروبات منذ الولادة ، بالإلتصاق السطحى ، والبلع ، والاستنشاق ، ثم تنمو الميكروبات وتتكاثر بسرعة ، فى المكان الذى يناسبها ، سواء على السطح الخارجى ، أو الداخلى ، لجسم المولود الجديد ، وبذلك يتكون المحتوى الميكروبى الطبيعى للجسم .

ولكل جزء بجسم الإنسان ، محتواه الطبيعى من الميكروبات ، وذلك حسب الظروف البيئية الخاصة بذلك الجزء ، فعلى سبيل المثال ، نجد أن تجويف الفم ، يحتوى على أنواع متعددة من المجهرات ، تختلف فى بعضها، عن تلك الموجودة بالأمعاء ، أو بالجهاز التنفسى .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن المحتوى الميكروبي الطبيعي ، يختلف فى أعداده ، وأنواعه ، من فرد لآخر ، حسب نوع التغذية ، والظروف الصحية ، والعمر ، والنشاط ، والكثير من العوامل الأخرى الخاصة بالفرد ، وبالوسط الذى يعيش فيه .

مميزات الميكروبات الطبيعية (الفلورا الطبيعية) Characteristics of the normal flora

يستطيع الكثير من أجناس الميكروبات الطبيعية ، الالتصاق Adhere بسطح الخلايا ، المبطنة لأنسجة العائل (الخلايا الطلائية Epithelial cells) . وبذلك ، تمتاز ميكروبات الجسم الطبيعية عن غيرها ، فى أن لها القدرة ، على أن تستقر ، وتتكاثر ، وتكون مستعمرات Colonize بجسم العائل .

ويحدث الالتصاق نتيجة للإرتباط ، بين جزيئات بسطح خلية الميكروب ، وبين مستقبلات كيميائية Chemical receptors بخلايا جسم العائل ، ويشارك فى هذا الالتصاق ، البروتينات ، والسكريات العديدة ، الموجودة بسطح الخلية الميكروبية ، وكذلك الزوائد ، التى تمتد من الخلايا الميكروبية ، مثل الشعيرات Pili .

ومن الطبيعى ، فإن لكل نوع ميكروبي ، وسيلة الالتصاق الخاصة به ، وعادة ، فإن الميكروبات تلتصق بالجسم بتخصص ، بجزء دون آخر ، من أجزاء الجسم ، فعلى سبيل المثال ، فإن Streptococcus salivarius ، تلتصق أساسا بسطح اللسان ، بينما تلتصق Streptococcus mutans بسطح الأسنان .

من الظواهر التى تحدث أثناء الالتصاق ، حدوث مايسمى بالتقشير Desquamation ، حيث تنفصل الخلايا المغلفة لسطح جسم العائل ، وتسقط كقشور ، وتستبدل بخلايا جديدة ، وفى بعض أجزاء الجسم ، تكون سرعة التقشير عالية ، كما يحدث فى الجهاز الهضمي .

ومن بين نتائج عملية التقشير ، إستبعاد الميكروبات ، ضعيفة الالتصاق بالخلايا المبطنة ، والتي لا تمثل المحتوى الطبيعى للجسم ، لأن الميكروبات التى تشكل المحتوى الطبيعى للجسم ، لها قدرة كبيرة على الالتصاق جيدا ، بالخلايا المبطنة الحديثة التكوين ، وبذلك ، تستمر فى الأماكن الملتصقة بها ، ولا تسقط مع عملية التقشير .

توزيع وإنتشار الميكروبات الطبيعية

Distribution and occurrence of the normal flora

تمثل البكتريا ، من حيث أعدادها ، وأجناسها ، المكون الأساسى للميكروبات الطبيعية ، القاطنة بجسم الإنسان ، وقد تتواجد أيضا الفطريات (خاصة الخمائر) ، والبروتوزوا ، ولكن بأعداد أقل بكثير من أعداد البكتريا. أما الفيروسات ، فليس من الواضح حتى الآن ، إذا كانت تتواجد بالجسم كمحتوى ميكروبي طبيعى ، أم لا ، وإن كانت بعض الفيروسات المعوية ، مثل Echoviruses وغيرها ، وجدت ، فى بعض الحالات ، حتى فى غياب الأعراض المرضية المميزة لها .

من حيث توزيع ، وإنتشار الميكروبات ، التى تمثل المحتوى الميكروبي الطبيعى Normal flora ، للأجزاء المختلفة من جسم الإنسان ، فهو كما يلى

الجلد Skin

الطبقات السطحية من الجلد ، عبارة عن خلايا ميتة ، وهى دائما فى حالة تعرض للميكروبات ، الموجودة بالوسط المحيط . ونظرا لأن الجلد ، يختلف فى التركيب ، والوظيفة ، باختلاف المواقع المختلفة بالجسم ، فإن هذا الاختلاف ، يسبب ظروفا بيئية إنتقائية ، تحدد نوع وأعداد المجهريات ، التى تتواجد فى كل موقع ، من مواقع الجلد .

عموما ، فإن السطح الخارجى للجلد السليم ، لايشجع على إستقرار ونمو الميكروبات ، وعلى سبيل المثال ، فإن البكتريا الممرضة Staphylococcus aureus عندما تتواجد على الجلد السليم ، لا تبقى حية لأكثر من عدة ساعات ، بينما تعيش لعدة أسابيع فى تراب الغرفة . كما أن الطبقات

السطحية من الجلد ، غير منفذة للميكروبات ، ولكن تلك الميكروبات تستطيع أن تنفذ للدخل ، عند حدوث خدش ، أو قطع ، أو حرق بالجلد .

ومن العوامل غير المشجعة ، على نمو الميكروبات على سطح الجلد: الجفاف ، وإنخفاض الرقم الإيدروجيني ، ووجود مواد مثبطة للميكروبات .

Dryness

الجفاف

الجفاف النسبي لسطح الجلد ، مثبط لنمو الميكروبات ، فإذا ما زاد الجفاف ، فإن بعض أنواع البكتيريا ، تموت فى خلال ساعات .

وتتميز بعض مناطق الجلد ، مثل جلد ما بين أصابع القدم ، وتحت الإبط ، وثنايا الفخذ والجذع ، بأن رطوبتها أعلى من رطوبة مناطق أخرى ، لذلك ، فإننا نجد أن المحتوى الميكروبي الطبيعى ، بجلد هذه المناطق الرطبة، أعلى بكثير ، (حوالى ١١٠ / سم^٢ جلد) ، من ذلك الذى بمناطق الجلد الجافة (حوالى ١٠ / سم^٢) .

إنخفاض الرقم الإيدروجيني

يتراوح الرقم الإيدروجيني (pH) للجلد ، ما بين ٣ إلى ٥ . وهذا الرقم المنخفض ، يثبط نمو الكثير من الميكروبات . وتعود تلك الحموضة المنخفضة ، إلى ما يفرزه الجلد ، وما تفرزه الميكروبات الطبيعية الموجودة على الجلد ، مثل Staphylococcus ، من أحماض عضوية ، مثل حامض اللاكتيك وغيره من الأحماض .

المواد المثبطة للميكروبات

يوجد على الجلد ، بعض المواد المثبطة ، أو القاتلة للميكروبات ، على سبيل المثال ، فإن الغند العرقية Sweat glands ، تفرز إنزيم الليسوزيم ، الذى يحلل جدار خلية البكتيريا ، فتتموت نتيجة لذلك .

كما تفرز الغدد الدهنية *Sebaceous glands* ، ليبيدات معقدة ، تتحلل جزئياً بواسطة بعض البكتيريا ، مثل *Propionibacterium acnes* ، وتتكون أحماض دهنية غير مشبعة ، طويلة السلسلة ، مثل أوليك *oleic* ، وهى مواد شديدة السمية ، لأنواع أخرى من البكتيريا .

ورغم كل الظروف السابقة ، فإن بعض البكتيريا ، تستطيع أن تنمو وتتكاثر على الجلد ، وفى طبقاته ، مكونة الفلورا الطبيعية ، أى المحتوى الميكروبي الطبيعى للجلد [جدول ٩ (١) - ١] .

جدول ٩ (١) - ١ : الميكروبات الشائعة وجودها بالجلد

منطقة الجلد والميكروبات الشائعة بها	
الأدمة Dermis	البشرة Epidermis
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>Staph. epidermidis</i>	<i>Streptococcus</i>
<i>Diphtheroids</i> (aerobic corynebacteria)	<i>Propionibacterium acnes</i>
G - ive bacilli	Fungi - saprophytic
Yeast	Fungi and Yeast - pathogenic
Soil organisms	Viruses

تتغذى ميكروبات الجلد ، على ما تفرزه الغدد العرقية ، والغدد الدهنية ، من ماء ، وأحماض أمينية ودهنية ، ويوريا وأملاح . وأغلب هذه البكتيريا ، أنواع تابعة لجنس *Staphylococcus* (خاصة *S. epidermidis*) ، وكذلك *Diphtheroids* ، وهى *Aerobic corynebacteria* .

وفى الغدد الدهنية المتعمقة بالجلد ، نجد بكتريا لاهوائية محللة للدهون مثل Propionibacterium acnes ، وتعتبر هذه البكتريا ، من القاطنات الطبيعية للجلد، وهى بكتريا غير ضارة ، وإن كانت فى بعض الأحيان ، وجدت مرتبطة بمرض جلدى ، هو مرض حب الشباب الشائع ، Acne vulgaris disease ، الذى يصيب الغدد الدهنية للجلد - ويسبب هذا المرض ، بثرات فى الجلد ، سوداء الرأس ، تنتج من إنتفاخ الغدد الدهنية وزيادة إفرازاتها ، وقد تسبب هذه البثرات ، التهابات وتقرحات ، ونتوءات بالجلد .

Eye

العين

غشاء الملتحمة Conjunctive ، غشاء رقيق ، يغطى كرة العين ، ويبطن الجفون ، وهو فى حالة غسيل مستمر ، بواسطة إفرازات الغدد الدمعية ، للدموع Lachrymal fluid ، التى تزيل الميكروبات ، علاوة على إحتوائها على إنزيم الليسوزيم ، وبالتالي ، فإننا نجد أن عدد الميكروبات بالملتحمة ، قليل، ومن الميكروبات ، التى تكون الفلورا الطبيعية بالملتحمة

- Staphylococcus aureus , Staphylococcus epidermidis
- Streptococcus pneumoniae
- Diphtheroids , Moraxella spp*., *Neisseria spp.

Upper respiratory tract

الجهاز التنفسي العلوي

رغم أن الجهاز التنفسي العلوي (الجزء من الجهاز التنفسي ، الذى يقع أعلى الحنجرة Larynx) ، أكثر رطوبة من الجلد ، إلا أن الأغشية المخاطية التى تغلفه ، تمثل وسطا يصعب على كثير من الميكروبات التكاثر به ، فعندما يمر هواء الزفير وما به من ميكروبات ، من الممرات الأنفية ، والبلعوم الأنفى Nasopharynx (الجزء من البلعوم المتصل بالمسالك الأنفية)، فإن الكثير من الميكروبات ، يلتصق بالطبقة المبطننة لأسطح تلك الأجزاء ، وهى طبقة رقيقة رطبة ، ذات إفرازات مخاطية لزجة .

(*) هذه الأنواع تتبع مجموعة Moraxella - Neisseria group ، التى تشمل :
Acinetobacter , Branhamella , Moraxella and Neisseria

وهى بكتريا ، كروية ، أو عصوية قصيرة جدا ، سالبة لصبغة جرام ، غير متحركة ، غير متجترمة

ومع حركة البلعوم الأنفى المتكررة ، وما عليه من أهداب ، تنساب الإفرازات المخاطية بما عليها من ميكروبات ، لأسفل باستمرار ، حتى تصل إلى المعدة ، حيث الحموضة العالية التى تقضى على الميكروبات ، وبالإضافة لهذه الإزالة الميكانيكية للميكروبات ، فإن مخاط الأنف يحتوى على إنزيم الليسوزيم ، المحلل لجدر البكتريا .

ورغم كل تلك الظروف ، فإن بعض الميكروبات ، تتواجد بالأنف والبلعوم الأنفى ، مكونة الفلورا الطبيعية بهذه الأماكن

ومن هذه البكتريا

- Staphylococcus aureus , Staphylococcus epidermidis
- Streptococcus spp.
- Diphtheroids (aerobic corynebacteria)
- Branhamella , Haemophilus , Neisseria spp.

ويرجع نجاح هذه البكتريا ، على النمو والتكاثر بتلك الأماكن ، إلى قدرتها الكبيرة ، على الالتصاق بالخلايا الطلانية للأغشية المخاطية ، وبذلك ، فإنها لاتزول ، مع تيار المخاط المتدفق لأسفل .

Lower respiratory tract

الجهاز التنفسى السفلى

نتيجة للإزالة الميكانيكية للميكروبات ، من الجهاز التنفسى العلوى ، مع حركة المخاط والأهداب ، فإن أسطح الأغشية المخاطية ، للمقصية الهوائية Trachea وفروعها ، وكذلك القصيبات Bronchi ، لاتحتوى على فلورا طبيعية . أما تلك البكتريا ، التى تستطيع أن تصل إلى الحويصلات الهوائية للرئة ، Air - sacs , Alveoli ، فإنها تهاجم ، بواسطة الخلايا اللاقمة الكبيرة ، المسماة Alveolar macrophage ، وتتحلل .

Mouth

الفم

يعتبر الفم ، وسطا مثاليا لنمو الميكروبات ، بسبب توفر الرطوبة ، والمواد الغذائية الذائبة ، وبعض فضلات الغذاء . ومع ذلك ، فإن التدفق المستمر للعاب Saliva بالفم ، يسبب إزالة ميكانيكية لكثير من الميكروبات ، التي تنزل إلى المعدة ، حيث تتحلل تلك الميكروبات ، بواسطة أحماض المعدة . ومن العوامل الميكانيكية الأخرى ، التي تزيل الميكروبات من تجويف الفم ، عملية التقشير ، التي تحدث للخلايا الطلائية . وعلى ذلك ، فإن الميكروبات التي تبقى بالفم ، وتكون الفلورا الطبيعية به ، هي الميكروبات ، القادرة على مقاومة عمليات الإزالة الميكانيكية ، بالالتصاق القوى بسطح خلايا تجويف الفم Oral cavity .

ويتوقف عدد ، وأنواع الميكروبات ، المكونة للفلورا الطبيعية بالفم ، على نوع الغذاء ، والحالة الصحية ، وكثير من الظروف البيئية . ومن الميكروبات التي تتواجد بالفم ، الأنواع التابعة للأجناس التالية

- Staphylococcus
- Streptococcus , Lactobacillus
- Actinomyces , Neisseria , Veillonella
- Yeast

وتتواجد Streptococcus salivarius بأعداد كبيرة ، على السطح السفلى للسان ، ولهذه البكتريا قدرة عالية ، على الالتصاق بالخلايا الطلائية . كما قد يوجد بالفم غير المنظف جيدا ، بكتريا لاهوائية متجترمة ، تسبب ظهور روائح كريهة .

Teeth

الأسنان

حتى بدء ظهور الأسنان ، فإن الميكروبات الموجودة بالفم ، تكون هوائية وإختيارية . وبمجرد ظهور أول سنه ، يبدأ فى التواجد ، الميكروبات اللاهوائية حتما ، مثل الأنواع التابعة لأجناس Bacteroides , Fusobacterium ، لأن الأنسجة المحيطة بالأسنان ، توفر الظروف اللاهوائية ، لتلك الميكروبات .

تلتصق البكتيريا بالأسنان ، ومن البكتيريا التي توجد بكثرة على سطح الأسنان ، وتعتبر المسبب الرئيسي لتسوس الأسنان Dental caries ، بكتيريا Streptococcus mutans . تكون هذه البكتيريا إنزيم سطحى بخلاياها ، يسمى Glycosyl transferase ، يقوم بتحويل السكر (وهو السكر المستعمل بكثرة فى الحلويات) ، إلى فركتوز ، ومادة صمغية تسمى جلوكان . يربط الجلوكان البكتيريا بسطح الأسنان ، ويتحول سكر الفركتوز والسكريات الأخرى ، بواسطة هذه البكتيريا ، والبكتيريا الأخرى التابعة لأجناس Streptococcus ، Lactobacillus ، إلى حامض لاكتيك ، يحفر فى الأسنان ، ويسبب تسوسها ، وتآكلها ، بسبب تأثير الحامض ، على مادة كالسيوم الأسنان .

تتجمع المواد العضوية والبكتيريا ، على سطح الأسنان ، مكونة لطبقة البلاك Dental plaque ، وهى تحتوى على أعداد مرتفعة من البكتيريا ، تصل إلى حوالى ١٠^٨ خلية / ملليجرام من مادة البلاك .

وبالإضافة إلى أنواع البكتيريا السابقة ، فإنه يوجد على الأسنان أيضا، أنواع من الأكتينومييسيس ، والسبيروكيتا ، والبكتيرويد ، والبروتوزوا ، التى تعيش فى حالة معايشة Commensalism ، مع الأسنان .

Intestinal tract

الجهاز المعوى

Stomach

المعدة

رغم أن المعدة تستقبل باستمرار ، أعدادا كبيرة من الميكروبات ، من التجويف الفمى ، إلا أن عصير المعدة بالإنسان السليم ، يحتوى عادة على عدد يقل عن ١٠ بكتيريا / مل ، بسبب التأثير الحامضى القاتل ، لحامض الهيدروكلوريك الذى تفرزه المعدة ، (الرقم الإيدروجينى بالمعدة حوالى -٢). والأعداد البكتيرية القليلة الموجودة بالمعدة ، أغلبها Lactobacilli ، وخمائر مثل Candida ، وهى أنواع متحملة للحموضة .

يعد تناول الطعام ، يزيد عدد البكتيريا بالمعدة من ٢١٠ إلى ١١٠ / جم محتويات ، ثم سرعان ما ينخفض العدد ، بمجرد إفراز العصارات المعوية ، وانخفاض الرقم الإيدروجينى لعصير المعدة .

Small intestine

الأمعاء الدقيقة

تمثل الأمعاء الدقيقة ، مرحلة إنتقال وسطية ، فى المحتوى الميكروبى ، ما بين المعدة والأمعاء الغليظة ، ويحتوى الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة ، وهو الإثنى عشر Duodenum ، على أعداد قليلة من البكتيريا ، عادة حوالى ٢١٠ / مل عصير معوى ، وأغلبها بكتيريا موجبة لصبغة جرام ، كروية ، وعصوية .

وفى الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة (الصائم Jejunum) ، يوجد أنواع من

Diphtheroids , Enterococci (Streptococci) , Lactobacilli , Yeast (Candida sp.)

ويزداد عدد البكتيريا بعد ذلك ، فى الأجزاء التالية من الأمعاء الدقيقة ، بإزدياد الرقم الإيدروجينى ، وفى الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة ، تبدأ الفلورا الموجودة بها ، تتشابه مع تلك الموجودة بالأمعاء الغليظة ، حيث تتواجد الإنتروباكترية ، والبكتيريا اللاهوائية بأعداد كبيرة .

Large intestine

الأمعاء الغليظة

يحتوى القولون Colon بجسم الإنسان ، على أكبر عدد من الميكروبات ، حيث يصل العدد فى براز الإنسان السليم ، إلى حوالى ١١٠ / جم وزن طرى ، وهى تمثل أكثر من ٣٠٠ نوع . وتشكل الميكروبات حوالى ٥٠% من وزن البراز الجاف .

وتوجد عوامل عديدة ، تعمل على إزاحة الميكروبات ، من الأمعاء الغليظة ، إلى البراز ، منها حركة الأمعاء ، وحركة محتوياتها المستمرة ، وعملية تقشير الخلايا الطلائية الملتصقة بها الميكروبات ، والإفرازات المخاطية ، التى تحمل معها باستمرار الميكروبات ، إلى البراز .

عموما ، فإن مكونات وأعداد الفلورا الطبيعية ، الموجودة بالأمعاء ، تتأثر بمجموعة من العوامل ، منها التغذية ، الجوع . تعرض محتويات الأمعاء للحركة الشديدة كحدوث إسهال ، وتناول المضادات الحيوية . وقد يؤدي العلاج الطويل بالمضادات الحيوية ، إلى إزالة الكثير من الميكروبات المعوية النافعة ، وتكوين سلالات منيعة من الميكروبات للمضادات .

ومن الفلورا الطبيعية الموجودة بالأمعاء الغليظة

- بكتريا لاهوائية ، سالبة لصبغة جرام ، مثل *Bacteroides* , *Fusobacterium*

- بكتريا لاهوائية ، أو محبة لكميات قليلة من الهواء ، موجبة لجرام ، مثل

Bifidobacterium , *Clostridium* , *Eubacterium* , *Lactobacillus* , *Streptococcus*

- بكتريا إختيارية للهواء ، سالبة لصبغة جرام ، مثل

Escherichia , *Enterobacter* , *Proteus* , *Klebsiella*

- خمائر ، مثل *Candida albicans*

- بروتوزوا

لنلاحظ أن بعض أنواع من البروتوزوا ، غير الضارة ، توجد في حالة معايشة مع القولون ، حيث تنمو لاهوائيا ، وتتغذى على البكتريا .

منها أنواع أميبية ، مثل *Entamoeba* , *Endolimax* , *Iodamoeba*

ومنهم أنواع سوطية ، مثل *Trichomonas hominis*

ويوجد نوع من الأميبا ، يسمى *Entamoeba histolytica* ، قد يوجد بالأمعاء كمتعايش ، أو كمرض مسبب الدوسنتاريا الأميبية ، وقد يخترق جدار الأمعاء ، ويغزو أجزاء مختلفة من الجسم ، ويسبب بعض المتاعب .

الجهاز البولى التناسلى

Genitourinary tract Urogenital tract

فى الإنسان السليم ، تكون الكلية Kidney ، والمثانة البولية Urinary bladder ، والحالب Ureter ، خالية من الميكروبات . ويبدأ تواجد البكتريا بالإحليل Urethra ، وهو المجرى ، الذى يحمل البول من المثانة لخارج الجسم ، بالذكر والأنثى .
ففى الجزء العلوى من الإحليل ، القريب من المثانة ، توجد أعداد قليلة من البكتريا ، ويزداد العدد فى الجزء السفلى .

ومن البكتريا التى توجد بالإحليل

Staphylococcus epidermidis , Streptococcus faecalis ,

Corynebacteria & members of Enterobacteria

البول

يعتبر البول Urine ، بيئة غذائية صالحة لكثير من البكتريا ، ورغم ذلك ، فإن بول الإنسان السليم ، عند إفرازه ، يكون خالياً من الميكروبات ، ويبدأ وصول الميكروبات إليه ، عند مروره بالإحليل ، وهو فى طريقة من المثانة ، إلى خارج الجسم .

ويحتوى البول الطبيعى ، على أقل من ١٠^٢ ميكروب / مل ، وإذا ما زاد العدد عن ١٠^٦ / مل ، كان ذلك دليلاً ، على وجود عدوى بالجهاز البولى .

الجهاز التناسلى

الفلورا الطبيعية ، الموجودة بالجهاز التناسلى ، للأنثى البالغة ، شديدة التعقيد ، وتختلف خواص هذه الفلورا ، باختلاف الدورة الشهرية .
Menstrual cycle

وعادة فإن الميكروبات الرئيسية ، الموجودة بالمهبل Vagina ، هي بكتريا اللاكتوباسلس ، المتحملة للحموضة Acid - tolerant lactobacilli ، وتقسم هذه البكتريا بتحليل الجليكوجين ، الذى تنتجه الخلايا الطلائية للمهبل ، ويتكون حامض اللاكتيك ، مما يحفظ الرقم الأيدروجينى للمهبل عند حوالى ٤,٤ - ٤,٦ . والميكروبات التى تستطيع تحمل هذه الحموضة ، هى التى توجد بالمهبل ، مثل

Enterococci , Diphtheroids , Anaerobic bacteria , Candida albicans

يتكون الجليكوجين ويتجمع فى جدر المهبل ، نتيجة لنشاط المبايض أثناء فترة الخصوبة ، ولايتواجد الجليكوجين قبل البلوغ Puberty ، أو بعد سن اليأس menopause ، ولذلك ، فإنه فى غياب الجليكوجين ، فإن الإفرازات المهبلية تكون مائلة للقلوية ، ويحتوى المهبل فى هذه الحالة ، على ميكروبات الجلد العادية .

وجسول [٩ (١) - ٢] ، وشكل [٩ (١) - ١] ، يوضحان الميكروبات الهامة ، السائدة بجسم الإنسان ، بما فى ذلك ميكروبات الفلورا الطبيعية .

جدول ٩ (١) - ٢ : ميكروبات الفلورا الطبيعية ، الشائع وجودها ، بجسم الانسان

المنطقة	الميكروب
الجلد Skin	Staphylococcus epidermidis Staph. aureus Propionibacterium acnes Diphtheroids (aerobic corynebacteria)
الأنف والبلعوم الأنفي Nose & Nasopharynx	Staph. epidermidis Staph. aureus Diphtheroids Streptococcus sp. Branhamella catarrhalis Haemophilus influenzae
الفم (اللغاب و سطح الأسنان) Mouth (Saliva & Tooth surfaces)	Staph. epidermidis Staph. aureus Strept. mutans Strept. salivarius Peptostreptococci Veillonella alcalescens Haem. influenzae Lactobacillus sp. Actinomyces Bacteroides Fusobacterium Treponema denticola Candida albicans

تابع جدول ٩ (١) - ٢

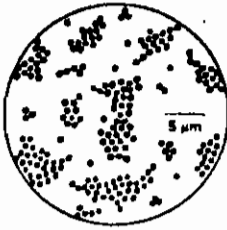
المنطقة	الميكروب
البلعوم الفمى . Oropharynx	<p>Staph. epidermidis Staph. aureus</p> <p>Diphtheroids Strept. pneumoniae</p> <p>Branhamella catarrhalis Haem. influenzae</p> <p>Neisseria meningitidis</p>
المعدة والإثنى عشر Stomach & Duodenum	بها قليل من الميكروبات
الأمعاء الدقيقة الجزء الاوسط (الصائم) Jejunum	<p>بكتريا موجبة لجرام ، اختيارية للهواء ، مثل</p> <p>Enterococci Lactobacilli Diphtheroids</p> <p>وخمائر ، مثل Candida albicans</p>
الجزء الأخير (اللفائفى) Ileum	<p>Enterobacteria</p> <p>وبكتريا سالبة لجرام ، لاهوائية ، مثل Bacteroides Fusobacterium</p>

تابع جدول ٩ (١) - ٢

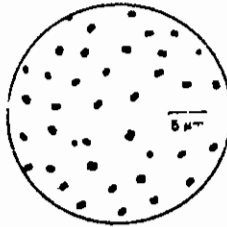
المنطقة	الميكروب
<p>الأمعاء الغليظة (القولون والمستقيم)</p> <p>Colon & Rectum</p>	<p>- بكتريا سالبة لجرام ، إختيارية ، عصوية مثل</p> <p>E. coli Klebsiella Proteus Enterobacter</p> <p>- بكتريا سالبة لجرام ، لاهوائية ، مثل</p> <p>Bacteroides Fusobacterium</p> <p>- بكتريا موجبة لجرام ، لاهوائية أو إختيارية</p> <p>- عصوية ، مثل</p> <p>Clostridium Bifidobacterium Eubacterium Lactobacilli</p> <p>- كروية ، مثل</p> <p>Peptostreptococci Enterococci (Streptococci)</p> <p>- خميرة مثل</p> <p>Candida albicans</p> <p>- بروتوزوا مثل</p> <p>Trichomonas hominis</p>

تابع جدول ٩ (١) - ٢٠

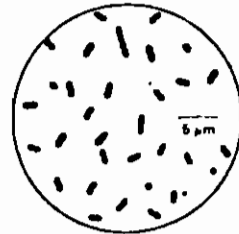
المنطقة	الميكروب
المهبل وعنق الرحم Vagina & Uterine cervix	<ul style="list-style-type: none"> - Bacteroides - Clostridium - Diphtheroids - Enterobacteria - Enterococci - Lactobacilli - Peptostreptococci - Staphylococcus epidermidis - Candida albicans - Trichomonas vaginalis

**Staphylococcus aureus**

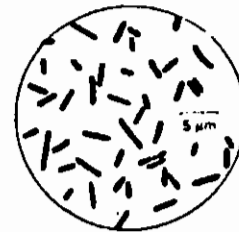
- جرام موجب ، كروي فى عناقيد ، غير متحرك ، إختياري للهواء
- موجب لإختبار الكولجيولاز
- يوجد بأغشية الأنف ، والجلد ، وجرب الشعر

**Branhamella catarrhalis**

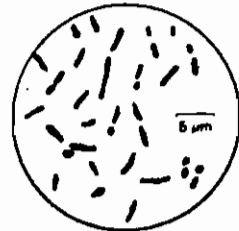
- جرام سالب ، كروي فى أزواج ، غير متحرك ، هوائى
- موجب لإختبار الأوكسيدين
- يوجد فى الأغشية المخاطية

**Streptococcus pneumoniae**

- جرام موجب ، كروي أو بيضاوى ، فى أزواج ، أو سلاسل قصيرة ، غير متحرك ، إختياري للهواء
- ينوب فى أملاح الصفراء
- يوجد فى الجهاز التنفسي العلوى

**Lactobacillus sp.**

- جرام موجب ، عصوى ، غير متحرك ، إختياري للهواء
- ذو إحتياجات غذائية معقدة
- يوجد بالفم ، والقناة الهضمية ، والمهبل

**Bacteroides fragilis**

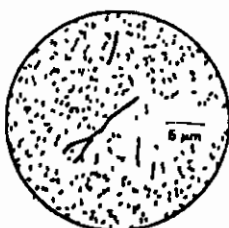
- جرام سالب ، متعدد الأشكال ، غير متحرك ، لاهوائى
- يوجد بالفم ، والأمعاء الخليطة

شكل ٩ (١) - ١: أشكال ومميزات الميكروبات السائدة بجسم الانسان ، بما فى ذلك الفلورا الطبيعية



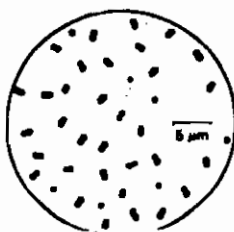
Propionibacterium acnes

- جرام موجب ، عصوى متعدد الأشكال ، يتجمع في سلاسل قصيرة ، أو في تجمعات ذات شكل ٧ و ٢ .
- غير متحرك ، لاهوائي
- ينتج حامض بروبيريونيك
- يوجد بالجلد



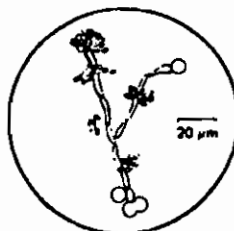
Haemophilus influenzae

- جرام سالب ، عصوى متعدد الأشكال ،
- أو في خيوط ، غير متحرك ،
- هوائي
- يوجد بالبلعوم الأنفي



Neisseria meningitidis

- جرام سالب ، كروي في أزواج ، غير متحرك ،
- هوائي
- موجب لإختبار الأوكسيديز
- يوجد بالبلعوم الأنفي



Candida albicans

- خميرة متبرعمة ، تكون ميسليوم كاذب ، مع
- تجمعات من جراثيم كلاميدية ، وجراثيم برعمية ،
- هوائية
- توجد على الجلد ، وبالفم ، والذور ، والأمعاء
- الغليظة ، والمهبل

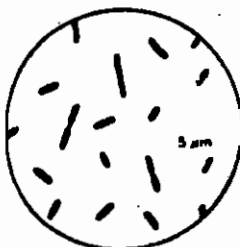


Fusobacterium nucleatum

- جرام سالب ، عصوى ذو أطراف مدببة ،
- غير متحرك
- لاهوائي
- يوجد بالفم

**Clostridium perfringens**

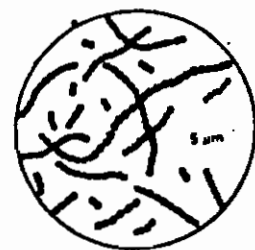
- جرام موجب ، عصوي ، متجثر بمجروثة بيضوية
- تحت طرفية ، غير متحرك
- لاهوائي
- يوجد بالبراز

**Klebsiella sp.**

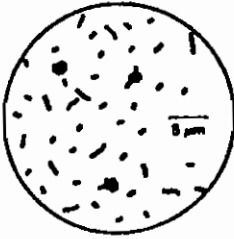
- جرام سالب ، عصوي ، له كبسول ،
- غير متحرك
- إختياري للهواء
- يوجد بالأمعاء

**Escherichia coli**

- جرام سالب ، عصوي ، متحرك ،
- إختياري للهواء
- ينتج حامض وغاز ، في بيئة بوبون اللاكتوز
- يوجد بالأمعاء الخلطة

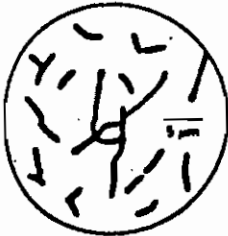
**Peptostreptococcus sp.**

- جرام موجب ، كروي في سلاسل ، غير متحرك ،
- لاهوائي حتمي
- يوجد بالقولون ، والمهبل



Veillonella alcalescens

- جرام سالب ، كروي صغير ، في أزواج ،
- أو سلاسل قصيرة ، أو تجمعات ، غير متحرك
- لاهوائي
- ذو إحتياجات غذائية معقدة
- يوجد بالفم ، والجهاز التنفسي ، والجهاز الهضمي



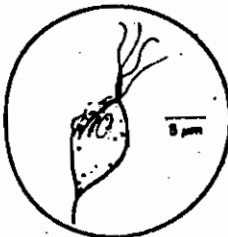
Actinomyces israeli

- جرام موجب ، عصوي ، قد يتفرع في خيوط ،
- غير متحرك
- لاهوائي
- يوجد بتجويف الفم



Treponema denticola

- جرام سالب ، حلزوني رفيل ، منبسط ومنحنى
- الأطراف ، متحرك
- لاهوائي حتمي
- يوجد بتجويف الفم



Trichomonas vaginalis

- بروتوزوا ذات أسواط (٤ أمامية ، و ١ خلفي) ،
- غشاء قصير متموج
- توجد في الإفرازات المهبلية

References

Baron, S. (ed.) (1982). Medical microbiology . Addison - Wesley , Menlo Park , California, USA .

Linton, A.H. (1982). Microbes , Man and Animals . John Wiley and Sons , New York.

الفصل التاسع ثانياً

العلاقات المتبادلة بين العائل والميكروب الممرض

- العلاقة بين العائل والميكروب الممرض
- التعرف على الميكروب الممرض
- حامل الميكروب
- العدوى
- فترة الحضانة
- القدرة المرضية وشدة العدوى
- العوامل المسببة لشدة العدوى
- ١. السموم الميكروبية
- السموم الخارجية
- السموم الداخلية
- ٢. الإنزيمات الخارجية
- ٣. البكتيريا المذيبة لكرات الدم الحمراء
- ٤. مواد أخرى تفرزها الميكروبات
- ٥. مخلفات الحديد الميكروبية
- بعض التركيبات الخلوية التي لها علاقة بشدة العدوى
- قابلية النسيج للعدوى
- منافذ الدخول
- الانتشار
- الوباء

الفصل التاسع - ثانيا

العلاقات المتبادلة بين العائل والميكروب الممرض Host - Pathogen interactions

العلاقة بين العائل والميكروب الممرض

تحدث الأمراض من أسباب عديدة ، قد تكون من داخل الجسم ، أو من خارجه . تتضمن الأسباب الداخلية حدوث اضطرابات فى عمليات التمثيل الغذائى بالجسم ، أو ضعف فى المناعة ، أو وجود شذوذ تركيبية نتيجة عوامل وراثية ، أو العجز ، أو كبر السن ... الخ .

وتأتى المسببات الخارجية من خارج الجسم ، نتيجة لعوامل حيه كالميكروبات ، أو عوامل غير حيه ، مثل الحرارة والبرودة ، والنقص فى الغذاء ، والتلوث بسبب الكيماويات ، والسموم ، والإشعاعات ... الخ .

ويطلق على الأمراض التى تسببها ميكروبات ، أمراضا معدية Infectious diseases ، وفى هذه الحالة ، يحدث المرض نتيجة عدوى ميكروبية Microbial infection ، من ميكروب ممرض Pathogen ، كالبكتريا ، وتعرف استجابة العائل للعدوى ، بالمرض Disease .

والمرض ، هو تغير يحدث بالجسم ، يحوله عن حالته الطبيعية ، قد يكون ذلك التغير فى التركيب ، أو فى وظيفة الجسم . ومظهر هذا التغير على العائل ، هى أعراض المرض Symptoms .

ويحدث المرض ، وتظهر أعراضه ، كنتيجة للعلاقات المتبادلة بين الميكروب الممرض ، والعائل القابل للإصابة . فالمرض الناتج من العدوى الميكروبية ، لا يتحدد بخواص الميكروب الممرض فقط ، بل وبالعلاقات مع العائل ، وقدرة العائل على مقاومته . فقد يهاجم الميكروب العائل ، ولكن لا تظهر عليه أعراض المرض ، وقد يحدث المرض على سطح الجسم ، وقد يدخل الميكروب إلى الأنسجة الداخلية ويهاجمها ، فيسبب تلفها ، أو الإخلال بوظائفها الفسيولوجية ، وقد تكون الإصابة موضعية ، أو عامة ، أو حادة ، أو مزمنة .

التعرف على الميكروب الممرض

Identifying the causative agent of an infectious disease

لا يوجد الميكروب الممرض بمفرده في الجزء المصاب ، بل مختلطاً مع العديد من الميكروبات الأخرى ، التي منها المترمم غير الضار ، ومنها المشارك بدرجة ثانوية في العدوى Secondary invaders .

وقد أمكن التعرف على مسببات المرضية الحقيقية ، واحداً بعد الآخر ، بعد أن وضع روبرت كوخ عام ١٨٨٢ ، الأسس الخاصة بالتعرف على الميكروب الحقيقي المسبب للمرض ، والتي عرفت بإسم افتراضات كوخ Koch's postulates ، وما جاء بعد ذلك من إفتراضات ريفرز عام ١٩٣٧ Rivers' postulates الخاصة بالتعرف على مسببات الأمراض الفيروسية . وفيما بعد ، أضيف إلى الإفتراضات السابقة ، ضرورة وجود الأجسام المضادة للميكروب الممرض ، في الشخص المصاب بذلك الميكروب ، وعدم وجودها في الشخص السليم . وقد أصبح الآن ، علم التعرف على مسببات الأمراض Etiology ، علماً قائماً بذاته .

إفتراضات كوخ وريفرز

تعتمد إفتراضات كوخ (١٨٤٣ - ١٩١٠) ، الخاصة بالتعرف على المسبب المرضي ، على الأسس العامة التالية

١- يجب أن يرتبط الميكروب المعين بنفس المرض ، وتظهر فى جميع الحالات نفس الأعراض .

٢- يمكن عزل الميكروب المسبب من المرضى ، ويمكن تنميته بحالة نقية فى المعمل ، لدراسة خواصه المختلفة .

٣- يظهر على حيوانات التجارب ، القابلة للإصابة ، نفس المرض ، عند تلقحها بميكروبات المزرعة النقية .

٤- يمكن عزل الميكروب مرة ثانية ، وتنميته بحاله نقية ، من حيوانات التجارب ، التى أصيبت بالمرض .

وقد أضاف ريفرز عام ١٩٢٧ ، أسسا مشابهة لإفتراضات كوخ ، يمكن تطبيقها فى حالة الفيروسات ، وهى

١- يجب أن يوجد الفيروس المعين دائما فى خلايا العائل ، أثناء المرض ، معطيا نفس الأعراض ، فى جميع الحالات .

٢- راسح الأنسجة المصابة (أى الخالى من البكتريا والكائنات الأخرى القابلة للزرع فى بيئة معملية) ، يسبب نفس المرض ، فى حيوانات التجارب .

٣- الراشح المأخوذ من أنسجة حيوان التجارب المصاب ، ينقل نفس المرض لحيوان تجارب آخر .

حامل الميكروب Carrier

يبدو حامل الميكروب سليما ، ولا تظهر عليه أية أعراض مرضية ، ولكنه يحمل الميكروب المعدى ، وينقله إلى الشخص القابل للإصابة . ومن أمثلة الأمراض المعدية ، التى ينقلها حامل الميكروب ، الأمراض المعوية ، الدفتريا ، الأنفلونزا .

ويعتبر حاملي الميكروب ، مزارع ميكروبية متحركة ، وينظر إليهم على أنهم مصدرا خطيرا ، لنشر الميكروبات المعدية ، لأنه من الصعب التعرف عليهم ، وعزلهم عن الأصحاء ، الدائمى الاحتكاك بهم ، فى معاملاتهم اليومية .

هناك حاملي الميكروب الأصحاء *Healthy carriers* ، الذين يحملون الميكروب ، دون أن تظهر عليهم أية أعراض مرضية ، وهناك حاملي الميكروب الذين فى دور النقاهة من المرض *Convalescent carriers* ، وهؤلاء هم أكثر الحالات شيوعا ، لأنه عقب الشفاء من المرض ، يظلون حاملين للميكروب المعدى لفترة ، قد تقصر لعدة أيام ، أو تطول لعدة أشهر ، فى بعض الأماكن بالجسم ، (كالحويلة المرارية فى حالة بكتريا التيفود) ، حيث تخرج الميكروبات ، مع إفرازات الجسم المختلفة ، مسببة للعدوى .

العدوى Infection

بالإضافة إلى ميكروبات الفلورا الطبيعية ، غير الضارة ، التى توجد خارج ، وداخل جسم الإنسان السليم ، فإن أنواعا أخرى من الميكروبات ، قد تهاجم العائل ، وتعيش متطفلة *Parasite* عليه ، مسببة له بعض الأمراض المعدية .

وتحدث الأمراض المعدية ، نتيجة للعدوى ، والعدوى ، هى غزو الميكروب لجسم العائل *Invasiveness* ، وحدث المرض . ويحدث المرض عندما يدخل الميكروب الجسم ، ويصل إلى الأنسجة ، ويتكاثر بها ، ويتغلب على أجهزة العائل الدفاعية ، ويسبب تلف الخلايا .

وفى حقيقة الأمر ، فإنه عقب غزو الميكروب لجسم العائل ، تحدث معركة بين الميكروب والعائل ، والذى يحدد مصير العدوى ، هو محصلة المعركة ، بين شدة عدوى الميكروب *Virulence* ، ومقاومة جسم العائل *Resistance* . فإذا انتصر الميكروب ، بنشاطه وشدة عدواه ، حدث المرض ، وإذا انتصر الجسم ، بمقاومة أجهزته الدفاعية ، لا يحدث المرض ، وسمى الجسم منيعا أو مقاوما .

تختلف العدوى فى شدتها ، حسب درجة نشاط الميكروب ، ومقاومة العائل ، كما تختلف باختلاف مسببها ، وتختلف أيضا فى موقعها ، فقد تكون موضعية ، فى منطقة محددة بالجسم ، أو عامة ، منتشرة بكل الجسم [جدول ٩ (٢) - ١] .

ويجب أن يكون واضحا ، أن تعبير العدوى ، ليس مرادفا للتلوث Contamination . فالشيء الملوث ، هو الذى يحتوى على ميكروبات ، خاصة المسببة للأمراض . فكوب الشرب الملوثة ، والأيدى الملوثة ، تحتوى على ميكروبات ، ولكنها ، قد لاتكون معدية ، لأن العدوى تحدث فقط ، عند وصول الميكروب ، إلى مكانه المناسب بجسم العائل ، وحدث المرض .

بعض الميكروبات ، مثل بكتريا التتanos ، تبقى فى موضعها عقب العدوى ، وترسل سمومها لكل الجسم ، من خلال الدم والجهاز الليمفاوى ، وبذلك ، تؤثر على باقى أنسجة الجسم ، وتسمى هذه الحالة ، توكسيميا Toxemia ، أى حالة وجود توكسين بالدم .

وبعض الميكروبات ، تتكاثر وتنتشر مباشرة ، من خلال الدم واللمف ، وتصل إلى الأنسجة الأخرى وتصيبها ، وتسمى هذه الحالة ، بكتريميا Bacteremia ، وهى حالة وجود بكتريا بالدم ، والمثل لذلك ، بكتريا الالتهاب السحائى ، التى تنتقل من الأنف إلى المخ ، عن طريق الانتشار بالدم .

وبعض الميكروبات ، مثل بكتريا الحمى الفحمية ، شديدة العدوى ، تنتشر وتتكاثر بنشاط فى مجرى الدم ، مسببة العدوى ، وتسمى هذه الحالة ، تلوثا بالدم Septicemia ، وتتراوح من الحالة الحادة ، إلى الحالة المزمنة ، التى تستمر لفترة طويلة .

وقد يحدث نتيجة للعدوى الميكروبية ، كما فى حالة مرض السعال الديكى ، أن تثير البكتريا خلايا العائل ، لدرجة كبيرة ، فتفرز الخلايا مادة ، كالهستامين ، أو موادا مشابهة ، تسبب للعائل ، حالة حساسية شديدة ، أو فرط حساسية Hypersensitivity, Allergy .

جدول ٩ (٢) - ١ : بعض أنواع العدوى

نوع العدوى	المميزات	أمثلة
حادّة Acute	تستمر لفترة قصيرة ، وعادة أعراضها شديدة	التهاب الزور المعدى ، المسبب له <i>Streptococcus pharyngitis</i> (pyogenes)
مزمنه Chronic	تستمر لفترة طويلة	السّل
مفاجئه وعنيفه Fulminating	تظهر فجأة ، وبشدة	السيلان
موضعية Localized	تحدث في منطقة محددة بالجسم	التهاب الجهاز البولى المسبب له <i>E. coli</i>
عامة Generalized	تنتشر بالجسم ، وتصيب أجزاء كثيرة	عدوى الدم ، مثل الحمى التيفوية
خايطه Mixed	تسببها أكثر من نوع ميكروبي <i>Polymicrobial</i>	الفرغرينا الغازية ، وتسببها مجموعة من الكلوستريديا
إبتدائية Primary	عدوى موضعية ، تقلل من مقاومة الجسم ، مما يسهل حدوث غزو ، من ميكروبات أخرى	الأنفلونزا الفيروسية
ثانوية Secondary	تعقب العدوى الإبتدائية	الالتهاب الرئوى ، الذى يعقب الأنفلونزا الفيروسية

Incubation period

فترة الحضانة

فترة الحضانة ، هي الفترة التي تمر ، بين غزو الميكروب الممرض للجسم ، وبين ظهور أعراض المرض ، وهي مميزة للأنواع المختلفة من العدوى ، فقد تكون هذه الفترة قصيرة ، أى عدة ساعات فى بعض الأمراض ، وقد تطول ، إلى أيام أو أشهر أو سنوات ، فى أمراض أخرى .

ويوجد أيضا فترة حضانة ، عقب وصول التوكسينات الخارجية الميكروبية للجسم ، وظهور أعراض المرض ، قد تكون قصيرة ، حوالى ١ - ٣ ساعة ، فى حالة سم البكتريا العنقوبية ، أو تصل لعدة ساعات ، كما فى حالة سم التتائوس (حوالى ٣٦ ساعة) .

القدرة المرضية وشدة العدوى

Pathogenicity and virulence

القدرة المرضية Pathogenicity ، هي قدرة الكائن الممرض على إحداث المرض . قد يكون هذا الكائن مجهريا وحيد الخلية ، كالسالمونيلا ، أو غير مجهري عديد الخلايا ، كدودة النيماتودا Trichinilla . وتتوقف القدرة المرضية ، على الخواص الوراثية للكائن الممرض ، وعلى قدرة العائل على مقاومة العدوى .

أما تلك الدرجة من قدرة الميكروب ، على إحداث المرض ، فتسمى بشدة العدوى أو الضراوة Virulence . وتسمى خواص الميكروب ، التي تعزز من قدرته المرضية ، بعوامل شدة العدوى Virulence factors .

ظاهرة شدة العدوى ، خاصة بالسلالة الميكروبية Strain ، وليست خاصة بالنوع الميكروبي Species ، بمعنى أن شدة العدوى ، تختلف من سلالة لأخرى ، داخل نفس النوع الميكروبي الواحد الممرض ، فبينما نجد أن بعض السلالات شديدة العدوى Virulent strains ، نجد أن سلالاتا أخرى لنفس النوع ، غير شديدة العدوى ، أو حتى غير قادرة على إحداث العدوى Avirulent strains . مثالا على ذلك ، فإن بكتريا Streptococcus pneumoniae ، تمتاز بقدرتها المرضية ، على إحداث مرض الإلتهاب الرئوى ، ولكننا نجد أن السلالات ذات الكابسول ، شديدة العدوى ، عن تلك السلالات عديمة الكابسول .

وكذلك ، فإن بكتريا Corynebacterium diphtheriae ، ذات قدرة مرضية على إحداث مرض الدفتريا ، ولكن السلالات شديدة العدوى ، هي الحاملة للبروفاج الذى يحث البكتريا ، على إفراز التوكسين المسبب للدفتريا . وفى بعض السلالات البكتيرية ، ترتبط شدة العدوى ، بوجود بلازميد معين بالميكروب ، فنجد أن سلالات E. coli ، المسببة للإضطرابات المعوية ، هي التى تحمل البلازميد الخاص بذلك .

تتعرض شدة عدوى الميكروب الممرض ، لتغيرات عديدة ، فيمكن زيادة شدة العدوى ، أو إضعافها ، أو التخلص منها ، بالإمرار المتكرر فى حيوان مناسب ، أو بالتعرض لحرارة مرتفعة ، أو بإستخدام بيئة مناسبة تحتوى كيمائيات معينة ، فيحدث الإضعاف مثلا ، عند إمرار فيروس الجدرى فى نسيج البقرة ، وتعرض بكتريا الكوليرا للحرارة المرتفعة ، ومعاملة توكسين التتائوس بالفورمالدهيد ، وتحدث زيادة العدوى ، بإمرار بكتريا الإلتهاب الرئوى ، فى الفأر الأبيض .

Virulence factors

العوامل المسببة لشدة العدوى

تفرز بعض أنواع البكتريا موادا معينة ، كالتوكسينات ، أو تملك تركيبات خاصة ، كالكابسول ، لها علاقة بزيادة شدة العدوى ، تسمى بالعوامل المسببة لشدة العدوى .

من المواد التى تفرزها الميكروبات ، ولها علاقة بشدة العدوى ، السموم الميكروبية ، وبعض الإنزيمات للخارجية ، ومواد أخرى ، كالأمونيا ، وفوق أكسيد الإيدروجين ، ومخلفات الحديد

Microbial toxins

١- السموم الميكروبية

تفرز بعض المجهریات ، موادا سامة ، تعرف بالتوكسينات Toxins ، وهذه مواد ضارة بالعائل ، تؤثر على تركيب الخلية ، أو على وظيفتها ، وعلى ما تفرزه الخلايا من إنزيمات ، وقد تسبب للعائل حالات حساسية . وتتوقف قدرة الميكروب على إحداث المرض ، على القوة القتالة Potency للسموم ، التى يفرزها .

قد تفرز السموم الميكروبية ، خارج الخلية الميكروبية ، وتسمى سموما خارجية *Exotoxins* ، أو تبقى بداخل الخلية الميكروبية ، وتسمى سموما داخلية *Endotoxins* . وعادة ، فإن البكتريا المفترزة للتوكسينات الخارجية ، لا تتوغل كثيرا بالجسم ، عكس تلك التى لا تفرز سموما خارجية ، فإنها تتكاثر بدرجة كبيرة فى الأنسجة ، وتتوغل بها .

Exotoxins

السموم الخارجية

السموم الخارجية ، مواد قابلة للإنتشار ، من داخل الخلية الميكروبية التى تنتجها ، إلى الوسط الخارجى المحيط بالميكروب ، سواء أكان هذا الوسط بيئة مزرعية ، أو نسيجا من خلايا العائل كما فى مرض الدفتريا ، أو مادة غذائية ، كما فى التسمم الغذائى العنقودى .

ويمكن الحصول على السموم الخارجية ، من المزرعة النامى بها الميكروب ، وذلك ، بترشيح المزرعة خلال المرشحات البكتيرية . فتحجز البكتريا ، وينفذ السائل ، المحتوى على التوكسين .

والسموم الميكروبية الخارجية ، مواد بروتينية ، ذات وزن جزيئى مرتفع ، قد يصل إلى مليون دالتون ، كما فى حالة السم البوتشولوينى من نوع أ . وعادة ، فإن الإنزيمات المحللة للبروتين ، تهضم التوكسينات الخارجية ، ولذلك ، فإن هذه السموم لا تؤثر على الجسم ، إذا أخذت عن طريق الفم ، ويستثنى من ذلك ، السم البوتشولوينى ، والعنقودى ، التى لا تتأثر ، بالإنزيمات المحللة للبروتين .

تفقد السموم الخارجية سميتها ، بالتخزين الطويل ، أو بتعريضها للحرارة (حوالى ٧٠°م) ، أو بمعاملتها بالشبه *alum* ، أو ببعض الكيمائيات مثل الفينول ، والأحماض ، والفورمالدهيد ، وذلك نتيجة لتثبيت عمل بعض الأحماض الأمينية ، الداخلة فى تكوينها البروتينى .

ونتيجة لفقد السمية بواسطة الفورمالدهيد ، يتحول التوكسين *Toxin* ، من مادة سامة ، إلى مادة غير سامة ، تسمى توكسويد *Toxoid* ، ذات خواص أنتيجينية ، تستخدم كإنتجين ، لوقاية الأشخاص المعرضين للتسمم الميكروبى ، مثل الدفتريا ، والتتanos ، وذلك لأن التوكسويدات ، تحفز الجسم على إنتاج مضادات التوكسين *Antitoxins* ، التى تعادل السم الميكروبى المتكون بجسم العائل .

القوة القاتلة للسموم الخارجية Potency

بعض السموم الخارجية ، شديدة القتل ، ويعتبر النوع أ من السم البوتشولينى ، أقوى سم معروف . وأقل جرعة قاتلة * MLD من هذا السم للفأر ، هي $2,5 \times 10^{-6}$ ميكروجرام ، وهي أكثر سمية ، بمقدار مليون مرة ، عن تلك الجرعة القاتلة من سم الإستركنين Strychnine

الجرعات القاتلة ، من السموم الخارجية الميكروبية الأخرى ، أقل من تلك الخاصة بالسم البوتشولينى ، فهي حوالى 6×10^{-6} ميكروجرام من سم الدفتريا ، لقتل خنازير غنيا ، و ٥ ميكروجرام من سم البكتريا العنقودية ، لقتل الأرنب .

تخصص السموم الخارجية Specificity

تأثير السموم الخارجية الميكروبية ، تأثير متخصص ، على أجزاء جسم المصاب

- فمنها مايؤثر على الجهاز العصبى ، ويسمى سم عصبى Neurotoxin ، مثل سم التتanos ، والسم البوتشولينى .

- ومنها مايؤثر على الجهاز الهضمى ، ويسمى سم معوى Enterotoxin ، مثل سم بكتريا الكوليرا ، والبكتريا العنقودية .

- ومنها مايؤثر على الخلايا ويقتلها ، ويسمى سم خلوى Cytotoxin ، مثل سم الدفتريا .

- ومنها مايسبب إحمرارا للجسم ، ويسمى سم موكد للإحمرار Erythrotoxic toxin مثل سم Streptococcus pyogenes

(*) أقل جرعة قاتلة ، Minimum lethal dose , MLD ، هي أقل كمية من التوكسين ، تقتل حيوان التجارب القياسى القابل للإصابة ، فى وقت معين

ويوضح جدول [٩(٢) - ٢] ، أهم الأمراض الناتجة عن سموم بكتيرية .

Endotoxins

السموم الداخلية

كثير من الريكتسيا ، والبكتريا ، خاصة السالبة لصبغة جرام ، مثل بكتريا الحميات المعوية ، تكون سموما تبقى بداخل خلاياها ، ولا تخرج منها إلى الوسط المحيط ، إلا بعد تحلل تلك الخلايا ، وتعرف هذه السموم ، بالسموم الداخلية .

وتوجد السموم الداخلية غالبا ، فى جدار الخلية البكتيرية ، وهى ذات خواص أنتيجينية ضعيفة ، وتتكون تلك السموم ، من مواد معقدة ، تحتوى على ليبيدات ، وعديد السكريات ، وبروتين

Lipo - poly saccharide - protein complex

معظم أنواع البكتريا المرضية ، تكون سموما داخلية . وتلعب تلك السموم ، دوران مميزان فى العدوى الأولى ، إحداث حالة الحمى (مسبب للحمى) ، Pyrogenicity ، والثانى ، إحداث حالة التسمم Toxicity .

ويعود حدوث الحمى والسمية ، إلى جزء الليبو - عديد السكريات ، الداخلى فى تركيب السم ، وتعود الخواص الأنتيجينية ، إلى الجزء البروتينى من تركيب السم .

جدول ٩ (٢) - ٢ : بعض الأمراض التي تسببها بكتريا منتجة للتوكسينات

المرض الناتج	الجزء المتأثر بالجسم	تأثير السم	نوع السم	المسبب
سعال بيكي	المسالك التنفسية وحساسية	موت الخلايا والتهابات	داخلي وخارجي	<i>Bordetella pertussis</i>
تسمم بوتشرلين	يثبط تكوين مادة الاستايل كولين	عمى	خارجي	<i>Clostridium botulinum</i>
غرفينا غازية	انسجة الجروح	- تحليل الخلايا - تحليل الكرات الحمراء	خارجي	<i>Cl. perfringens</i>
تتــــــــــــــــانوس	الوصلات ما بين نهايات الأعصاب ، والألياف العظمية	عمى	خارجي	<i>Cl. tetani</i>
دفتــــــــــــــــريا	المسالك التنفسية ، وعام	- قتل الخلايا - تثبيط تمثيل البروتين	خارجي	<i>Cory. diphtheriae</i>
لوســــــــــــــــتاريا	انسجة الأمعاء الغليظة	معوى	داخلي وخارجي	<i>Shigella dysenteriae</i>
تسمم عنقودي	عام	معوى	خارجي	<i>Staphylococcus aureus</i>
حمى قرمزية	حساسية ، حمى ، طفح جلدي	- بيتا هيموليسين - إثارة الإحمرار	خارجي	<i>Streptococcus pyogenes</i>
كولــــــــــــــــيرا	انسجة الأمعاء	معوى	خارجي	<i>Vibrio cholerae</i>
طــــــــــــــــاعون	عام	متفقد	داخلي وخارجي	<i>Yersinia (Pasteurella) pestis</i>

الفروق بين السموم الخارجية والداخلية

يوضح جدول [٩ (٢) - ٣] ، أهم المميزات ، والفروق ، بين السموم الميكروبية الخارجية ، والداخلية

جدول ٩ (٢) - ٣ : بغض مميزات السموم الميكروبية الخارجية والداخلية

الصفة	سموم خارجية	سموم داخلية
الإفراز	خارج الخلية الميكروبية	داخل الخلية الميكروبية
المسبب	بكتريا جرام موجب	بكتريا جرام سالب
التركيب الكيميائي	بروتين	معقد من ليبو عديد السكريات وبروتين
تأثير الحرارة	تتأثر بالحرارة وتفقد سميتها عند ٦٠-١٠٠ م لمدة ٣٠ ق	تتحمل الحرارة ، بما في تلك الغليان
العناعة	- يمكن تحويلها إلى توكسيدات - تتعادل مع مضادات التوكسين	- لا تكون توكسيدات - التعادل صعب مع مضادات التوكسين
التأثير البيولوجي	- متخصص - شديد التأثير	- التأثير عام ، ومتعدد - تكون أغلبها حميات ، وحساسية عامة
الجرعة القاتلة	كميات صغيرة جدا	كميات أكبر، عن تلك الخاصة بالسموم الخارجية

Extracellular enzymes

٢- الإنزيمات الخارجية

تعود جزئيا ، شدة عدوى بعض الميكروبات الممرضة ، إلى ما تفرزه من إنزيمات خارج خلاياها . فهذه الإنزيمات ، تساعد الميكروب الممرض على الغزو ، والنفاذ إلى الأنسجة ، والانتشار بها ، ومقاومة أجهزة العائل الدفاعية ، مما يزيد من شدة العدوى . على سبيل المثال ، فإن بعض هذه الإنزيمات مثل Hemolysin ، يذيب كرات الدم الحمراء ، وبعضها مثل Hyaluronidase ، يحلل المكونات الرابطة للأنسجة ، ومن تلك المواد Leucocidin الذى يقتل كرات الدم البيضاء ... الخ .

ويوضح جدول [٩ (٢) - ٤] ، بعضا من هذه الإنزيمات الخارجية الميكروبية ، التى لها علاقة بشدة العدوى .

Hemolytic bacteria

البكتريا المذيبة لكرات الدم الحمراء

تفرز البكتريا المرضية ، المذيبة لكرات الدم الحمراء ، مادة الهيموليسين Hemolysin ، التى تذيب كرات الدم الحمراء ، وينفرد منها الهيموجلوبين . وإذابة الكرات الحمراء ، يساعد البكتريا الممرضة ، على غزو الأنسجة ، وإحداث المرض ، لذلك ، تمتاز سلالات البكتريا الممرضة ، المذيبة لكرات الدم الحمراء ، بشدة عدواها ، عن تلك السلالات ، غير المذيبة لكرات الدم الحمراء ، التابعة لنفس النوع البكتيرى .

يختلف الهيموليسين المنتج ، من حيث تركيبه الكيميائى ، وطريقة تأثيره ، من نوع بكتيرى لآخر ، فمنه أنواع ، حساسة للأكسجين Streptolysin O - Sensitive , SLO ، مثل المفرز من النيمونيا والكلوستريديا ، وهو يؤثر تحت الظروف اللاهوائية . ومنه أنواع تتحمل الأكسجين ، أى ثابته فى وجود الأكسجين ، Streptolysin O - Stable , SLS ، وهو يؤثر تحت الظروف الهوائية ، مثل بعض الأنواع التى يفرزها Strept. pyogenes ، والنوع البكتيرى الواحد ، قد يفرز أكثر من نوع من الهيموليسين .

ومن الهيموليسين أنواع ، يمكن فصلها من المزرعة البكتيرية بالترشيح ، ومنه أنواع يعرف تأثيرها ، بما تحدثه من تغيرات مرئية بأطباق بيئة أجار الدم ، حيث تسبب تحللا لكرات دم البيئة ، من نوع ألفا ، أو من نوع بيتا .

جدول ٩ (٢) - ٤ : بعض الإنزيمات الخارجية ، التي تفرزها الميكروبات ، ولها علاقة بالعدوى

الإنزيم	أمثلة من البكتيريا المنتجة	التأثير
Coagulase	Staph. aureus	يشـارك فى تجليط البلازما ^(١)
Collagenase	Cl. perfringens	يحلل الكولاجين ، وهى ألياف بالعظام وبالنسيج العضلى
Hemolysin	Staph., Strept., Clostridium	يذيب كرات الدم الحمراء
Hyaluronidase	Staph. aureus , Clostridium	يحلل حامض الهيالورونيك ^(٢) ، الرابط للأنسجة
Lecithinase	Cl. perfringens	يحلل كرات الدم الحمراء ، وكثير من خلايا الأنسجة
Leucocidin	Staph. aureus , Streptococcus	يقتل كرات الدم البيضاء
Streptokinase	Streptococcus	يذيب فيبرين الدم المتجلط ، فيسيله ، فيساعد بذلك على إنتشار الميكروب

(١) نتيجة تجلط البلازما بالكولاجين ، يتحول الفيبرينوجين إلى فيبرين ، وهذا يغلف الميكروب الممرض ، ويحميه من خلايا العائل اللاقمة ، فتزداد شدة عدوى الميكروب (٢) يتكون حامض الهيالورونيك ، من بوليمر به أستاييل جلوكوز أمين وحامض جليكيرونيك ، ويحلل حامض الهيالورونيك الرابط للأنسجة ، بواسطة إنزيم الهيالورونيداز ، يسهل على الميكروب الممرض الغزو ، والنفاذ فى خلايا أنسجة العائل ، والإنتشار بها ، ولذلك يطلق على إنزيم الهيالورونيداز ، عامل الإنتشار ، أو عامل الغزو Spreading factor , Invasin

α - hemolysis

تحلل الفا

يحدث هيمولاييسين هذا النوع ، تحللا جزئيا لكرات الدم الحمراء ، وتظهر مستعمرات البكتريا ، المنتجة لهذا الهيمولاييسين ، النامية على بيئة آجار الدم ، محاطة بهالة خضراء اللون ، نتيجة إختزال لون الهيموجلوبين الأحمر إلى ميثيموجلوبين Methemoglobin ، ومن أمثلة البكتريا المنتجة لهيمولاييسين محلل لكرات الدم الحمراء ، من نوع الفاء ، Streptococcus salivarius

 β - hemolysis

تحلل بيتا

يحدث هيمولاييسين هذا النوع ، تحللا كاملا لكرات الدم الحمراء ، وتظهر مستعمرات البكتريا ، المنتجة لهذا الهيمولاييسين ، النامية على بيئة آجار الدم ، محاطة بهالة راتقة عديمة اللون ، نتيجة ذوبان كرات الدم الحمراء ، وتحول الهيموجلوبين إلى مركب عديم اللون . ومن أمثلة البكتريا المنتجة لهيمولاييسين ، محلل لكرات الدم الحمراء ، من نوع بيتا ، Streptococcus pyogenes

٣- مواد أخرى تفرزها الميكروبات

من المواد الأخرى ، التي تفرزها الميكروبات ، خارج خلاياها ، ولها علاقة بزيادة شدة العدوى ، الأمونيا ، وفوق أكسيد الإيدروجين ، و مخلفات الحديد الميكروبية .

الأمونيا وفوق أكسيد الإيدروجين

بعض الميكروبات الممرضة ، مثل المايكوبلازما ، بعد التصاقها بخلايا العائل ، بالجهاز التنفسي أو التناسلي ، تفرز نتيجة لتمثيلها الغذاء ، موادا مثل الأمونيا وفوق أكسيد الإيدروجين . وتتجمع هذه المواد موضعيا ، بتركيزات كبيرة ، مسببة تلف خلايا العائل ، وبالتالي زيادة شدة العدوى .

مخليبات الحديد الميكروبية

Microbial iron chelators , Siderophores

تحتاج الميكروبات الهوائية أثناء نموها ، إلى الحديد ، لتمثيل المركبات والإنزيمات ، المحتوية عليه ، مثل السيتوكروم والكاتاليز . وتحت الظروف الهوائية ، فإن الحديد يوجد بالوسط ، فى الصورة المؤكسدة (أملاح حديدية) ، وهذه مواد غير ذائبة .

وتزداد شدة عدوى الميكروبات المرضية الهوائية ، إذا تمكنت من منافسة خلايا العائل ، فى الحصول على الحديد من الوسط . ويتم ذلك ، بإفراز الميكروبات ، لمركبات مخليبية تربط الحديد ، وتسحب من الوسط ، إلى الميكروب ليستفيد منه ، وتسمى هذه المواد ، مخليبات الحديد الميكروبية Siderophores ، وهى مواد ، ذات وزن جزيئى منخفض .

الخلايا المرضية اللاهوائية ، لاتواجهها صعوبة ، فى الحصول على الحديد من الوسط ، والاستفادة منه ، لأنها فى الوسط المختزل ، الذى تعيش فيه ، يوجد الحديد فى الصورة المختزلة (حديدوز) ، وهى صورة قابلة للذوبان ، من السهل الاستفادة منها .

بعض التركيبات الخلوية التى لها علاقة بشدة العدوى

تملك بعض أنواع البكتريا المرضية ، تركيبات خلوية ، كالكابسول ، والشعيرات (الببلى) Pili ، تساعد على زيادة شدة العدوى ، لدرجة أنه عندما تفقد البكتريا تلك التركيبات ، بسبب التطفر مثلا ، تضعف شدة عدوى هذه البكتريا ، أو تفقد قدرتها تماما ، على إحداث المرض .

مثالا على ذلك ، بكتريا *Streptococcus pneumoniae* ، المسببه لمرض الإلتهاب الرئوى . فسلالات هذه البكتريا ذات الكابسول ، (تسمى أنواع ملساء ، Smooth forms , S. forms) ، وهى شديدة العدوى ، إذا ما قورنت بالسلالات التى فقدت الكابسول ، وتسمى أنواع خشنة ، Rough forms , R. forms . ويبدو أن الكابسول ، وهى من مواد سكرية معقدة ، تعمل كعامل مضاد للإلتقام Anti - phagocytic factor ، تمنع خلايا العائل اللاقمة (البلمعيات) Phagocytes من النتهام البكتريا ذات الكابسول .

من حيث الزوائد الخلوية ، المسماه بالبيلي (الشعيرات) Pili ، فقد وجد أن السلالات المرضية ، التى لها هذه الزوائد ، شديدة العدوى ، عن تلك التى لاتملكها ، فهذه الزوائد تساعد البكتريا المرضية ، على الالتصاق القوى بأسطح خلايا نسيج العائل ، فلانجرف مع السوائل المفرزه ، كما يحدث بالنسبة للسلالات المرضية من بكتريا السيلان ، وبكتريا E. coli ، المسببه لعدوى الجهاز البولى .

قابلية النسيج للعدوى ، الألفة النسيجية Tissue affinity

لبعض الميكروبات قابلية لإصابة خلايا ، أو نسيج معين بالجسم ، فتختار بكتريا التيفود ، النمو فى النسيج الليمفويدي Lymphoid tissue ، بجدار القناة الهضمية ، ويميل فيروس شلل الاطفال ، إلى النمو فى خلايا الأعصاب .

وتعود تلك القابلية للإصابة ، بين الميكروب والنسيج ، لوجود مستقبلات مناسبة بين خلايا الميكروب ، وخلايا النسيج القابل للإصابة .

ونجد فى أطوار خاصة ، من دورة حياة بروتوزوا الملاريا ، أن للبروتوزوا قابلية للنمو ، فى كرات الدم الحمراء للإنسان ، وتهلكها . وفى أطوار أخرى ، نجد أن للبروتوزوا قابلية ، لإصابة أنسجة البعوض ، والنمو بها ، دون أن تمرضها ، وتعمل حشرة البعوض كناقل للميكروب ، إلى الإنسان ، بواسطة اللدغ .

منافذ الدخول Portal of entry

المصادر الأساسية لعدوى الإنسان والحيوان ، هى المرضى ، وحاملى الميكروب ، والتربة . ولكى يحدث المرض ، فليس كافيا أن تدخل الميكروبات إلى الجسم بأعداد كبيرة ، بل يجب أن تدخل من منفذ الدخول المناسب لها . فبكتريا الشيغللا المسببه للدوسنتاريا ، لاتؤثر إذا دخلت الجسم عن طريق جرح بالجلد ، ولكنها تسبب عدوى شديدة ، إذا دخلت عن طريق الفم .

وينطبق هذا أيضا ، على التوكسينات البكتيرية ، التى يجب أن تدخل من المنافذ المناسبة لها ، لتحث العدوى . فبينما لا يؤثر سم بكتريا التتanos، إذا ما دخل الجسم عن طريق الجهاز الهضمى ، نجد أنه يسبب متاعب شديدة، إذا ما حقن بالجلد أو العضل ، عكس السم البوتشولينى ، والسم العنقودى، التى تؤثر ، إذا ما دخلت الجسم عن طريق الفم .

ومنافذ دخول الميكروبات إلى الجسم متعددة ، وهى تختلف باختلاف الميكروبات . حسب مقدرتها على مهاجمة جزء معين بالجسم ، فقد تكون :

- عن طريق الجلد

الجلد السليم ، عادة مانع لدخول الميكروبات ، ولكن إذا ما أصابه جرح أو قطع ، تسلت الميكروبات ، إلى الأنسجة الداخلية التى تناسب نشاطها ، وسببت العدوى . مثالا على ذلك ، البكتريا العنقودية ، التى توجد طبيعيا على سطح الجلد ، بأعداد كبيرة ، وتدخل عن طريق الجروح ، إلى الأنسجة الداخلية ، مسببة مامل وخراريج . وكذلك بكتريا الحمى الفحمية، التى تدخل عن طريق قطع بالجلد ، إلى الدم والجهاز الدورى ، وتنتشر بالجسم محدثة للعدوى .

- عن طريق المسالك التنفسية

يناسب هذا الطريق ، بكتريا الدفتريا والسل ، كما أنه منفذ دخول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، إلى الرئتين .

- عن طريق القناة الهضمية

القناة الهضمية ، منفذ دخول بكتريا الحميات التيفودية ، والكوليرا، والدوسنتاريا ، وكلها تستطيع مقاومة إنزيمات اللعاب ، والعصارات الهاضمة، وتحمل حموضة المعدة .

- عن طريق المسالك البولية التناسلية

تدخل بكتريا السيلان ، والسبيروكيئا ، إلى جسم العائل ، من خلال الجهاز البولى التناسلى ، حيث تهاجم الأعضاء التناسلية .

- عن طريق المفصليات وبعض الحيوانات

تدخل كثير من الميكروبات المرضية إلى جسم العائل ، من خلال لدغ المفصليات ، أو عض الحيوانات . فعلى سبيل المثال ، تنتقل ريكتسيا التيفوس إلى الإنسان ، من لدغ القمل ، وريكتسيا حمى جبال روكي من القراد ، وبرتوزوا الملاريا من البعوض ، وتنقل الكلاب والحيوانات المسعورة ، فيروس السعار ، من خلال العض .

الإنتشار ، الانتقال Transmission

لكي تنتشر الميكروبات المرضية ، من عائل مصاب إلى عائل قابل للإصابة ، يجب أن يخرج الميكروب من الشخص المصاب ، ثم يدخل الميكروب من المنفذ المناسب ، إلى الشخص القابل للإصابة . وإذا ماضت فترة بين خروج الميكروب ، من العائل المصاب ، وبخوله بالعائل الجديد ، وكانت الظروف غير مناسبة للميكروب ، فى البيئة الجديدة ، لاتحدث العدوى ، وقد يموت الميكروب . ومن ناحية أخرى ، يزداد إنتشار الأمراض المعدية ، فى الأماكن المزدحمة ، سيئة التهوية ، وبالمساكن غير الصحية ، وعند استعمال أدوات غير نظيفة ، أو من حدوث تلوث بمياه الشرب .

يخرج الميكروب من العائل ، من مكان الإصابة ، وينتشر بين الأصحاء ، ويكون هذا :

- عن طريق الجهاز التنفسى

وذلك كما يحدث بالنسبة للميكروبات المسببة للأنفلونزا ، والحصبة ، والنكاف ، والدفتريا ، والسعال الديكى ، والإلتهاب الرئوى ، والسل .

وتخرج ميكروبات هذا الطريق ، مع رذاذ العطس ، وإفرازات الأنف والغم والزور ، ويساعد الهواء فى نشر هذه الميكروبات ، خاصة فى الأماكن رديئة التهوية .

وما لم تحدث العدوى بسرعة ، فإن الكثير من الميكروبات ، التى خرجت من المصاب ، تسبح بالهواء ، أو تسقط على الأرض ، حيث تهلك بتأثير أشعة الشمس ، أو الجفاف .

- عن طريق الجهاز الهضمى

وذلك كما يحدث بالنسبة لبكتريا التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، والفيروسات المعوية .

وتخرج الميكروبات مع البراز ، وأحيانا مع البول ، ويساعد فى نشرها المياه والأغذية ، ويلعب الذباب دورا هاما ، فى نشر هذه الميكروبات .

- عن طريق اللمس المباشر

وذلك كما يحدث مع بكتريا السيلان والزهرى ، وهذه البكتريا حساسة ، ولاستطيع أن تبقى خارج عائلها لمدة طويلة ، ويناسبها الإنتقال المباشر ، ولذا ، فهى تنتشر بالاتصال أو اللمس ، بين المصاب والسليم . وينتقل بالاتصال المباشر أيضا ، بعض الأمراض الجلدية ، مثل القراع .

وقد تنتقل بعض الميكروبات ، بطريقة اللمس غير المباشر ، عن طريق الفوط ومأشابه ، كما يحدث عند إنتقال عدوى العيون ، وبعض الأمراض الجلدية .

- عن طريق الجلد

وذلك كما يحدث فى حالة بكتريا الحمى الفحمية . التى تنتقل من خلال جرح أو قطع بالجلد ، عند رعاية إنسان سليم ، لحيوان مريض .

- عن طريق عوائل وسطية

تقوم العوائل الوسطية ، مثل المفصليات وبعض الحيوانات ، بنشر بعض الأمراض بين المرضى والأصحاء ، وقد يتم نقل الميكروبات بطريقة ميكانيكية ، كما فى حالة نقل الذباب لبكتريا التيفود ، والكوليرا ، أو بعد أن يعضى الميكروب جزءا من دورة حياته ، بالعائل الوسطى ، كما فى حالة بروتوزوا الملاريا مع البعوض ، وريكتسيا حمى جبال روكى مع القراد .

ومن أمثلة الأمراض المنقولة عن طريق عوائل وسطية

أ- عن طريق المفصليات والحشرات

حمى جبال روكى بواسطة القراد ، الطاعون بواسطة البراغيث ،
الملاريا بواسطة بعوض الأنوفيليس *Anopheles* ، الفلاريا بواسطة بعوض
الكوليكس *Culex* ، الحمى الصفراء ، وحمى الدنج بواسطة بعوض
الإيدز *Aedes* ، التيفوس بواسطة القمل ، خاصة قمل الجسم ، الحميات
المعوية وتلوثات الجلد وأمراض العيون ، بواسطة الذباب ، وهذا دوره
ميكانيكى فى نقل الأمراض .

ب- عن طريق الفقاريات

مثل السععار بواسطة الكلاب ، وحيوانات أخرى ، ومثل السل ،
والبروسيل ، والحمى الفحمية ، بواسطة البقر .

عموماً ، يمكن تلخيص طرق الانتشار الرئيسية ، التى تنتقل عن
طريقها الميكروبات المرضية المعتادة ، إلى خمسة طرق ، وهى

- ميكروبات منقولة عن طريق الهواء Air - borne

- ميكروبات منقولة عن طريق الأغذية والمياه Food and Water - borne

- ميكروبات منقولة باللمس المباشر Direct contact

- ميكروبات منقولة بواسطة مفصليات الأرجل Arthropod - borne

ميكروبات منقولة عن طريق الجروح Wounding ، وعن طريق الحقن
Injection ، ونقل الدم Blood transfusion ، كما فى أمراض الإلتهاب
الكبدى ، والإيدز .

Epidemic**الوباء**

عندما ينتشر المرض المعدى ، بين عدد كبير من الأشخاص ، فإنه يسبب حالة وباء Epidemic ، وغالبا ما يحدث ذلك موسميا .

والوباء متعدد الأنواع ومنه**- وباء محلى**

وهو إنتشار المرض فى جهة ما ، بين مجموعة كبيرة من الأشخاص ، خلال فترة قصيرة ، وقد يكون الوباء المحلى محصورا فى مجتمع صغير، وله مصدر واحد عام ، فيسمى بالإنتشار الوبائى المحدود Outbreak .

- وباء متوطن Endemic

وهنا يلاحظ ، أن المرض منتشر باستمرار ، فى جهة من الجهات ، كما فى حالة مرض الكوليرا بالهند .

- وباء عام Pandemic

يحدث الوباء العام ، وقد يسمى بالوباء الشامل ، عندما ينتشر الوباء المحلى ، بصورة واسعة ، من منطقته الجغرافية المحدودة ، ليجتاح بلدان عديدة ، قد تصل لقارات ، كما حدث أكثر من مرة ، من وباء الأنفلونزا ، الذى بدأ محليا فى أحد البلدان ، كالصين مثلا ، ثم تحول إلى وباء عام .

References

- Baron, S. (ed.) (1982). Medical microbiology. Addison - Wesley, Menlo Park, California, USA.
 Joklik, W.K.; Hilda P. Willett and D.B. Amos (1984). Zinsser microbiology, 18th Ed. Appleton Century Crofts, Norwalk, Conn.
 Linton, A.H. (1987). Microbes, Man and Animals. John Wiley & Sons, New York.

الفصل التاسع ثالثاً

المقاومة والمناعة

- المقاومة
- المقاومة الطبيعية
- وسائل الدفاع الخارجية
- حواجز المقاومة الميكانيكية والكيميائية
- وسائل الدفاع الداخلية
- الإلتهاب
- الإلتقام (البلعمة)
- أنواع خلايا الدم التي لها علاقة بالعدوى
- جداول [٣٠١-٣٠٢]
- نظام المكمل
- الإنتروهرونات
- السدم
- المناعة
- طبيعية أو موروثة
- مكتسبة
- دور النظام المناعي بالجسم
- أنواع الإستجابة المناعية
- إستجابة بالأجسام المضادة
- إستجابة بواسطة الخلايا
- تكون وتطور أنواع الإستجابة المناعية
- شكل [٣٠٤]
- المراجع

الفصل التاسع - ثالثا

المقاومة والمناعة

Resistance and Immunity

المقاومة

تلعب الأحوال العامة للعائل ، من حيث الحالة الصحية ، العمر ، نوعية التغذية ، السكن ، الظروف الاجتماعية ، والإقتصادية ... الخ ، دورا فى منع المرض . وبجانب ذلك ، يمتلك العائل عددا من وسائل الدفاع Defense mechanisms الخارجية والداخلية ، التى يستخدمها لمنع حدوث العدوى . وتعرف قدرة الجسم على إيقاف نمو الميكروب الدخيل ، ومنع حدوث العدوى ، بالمقاومة Resistance .

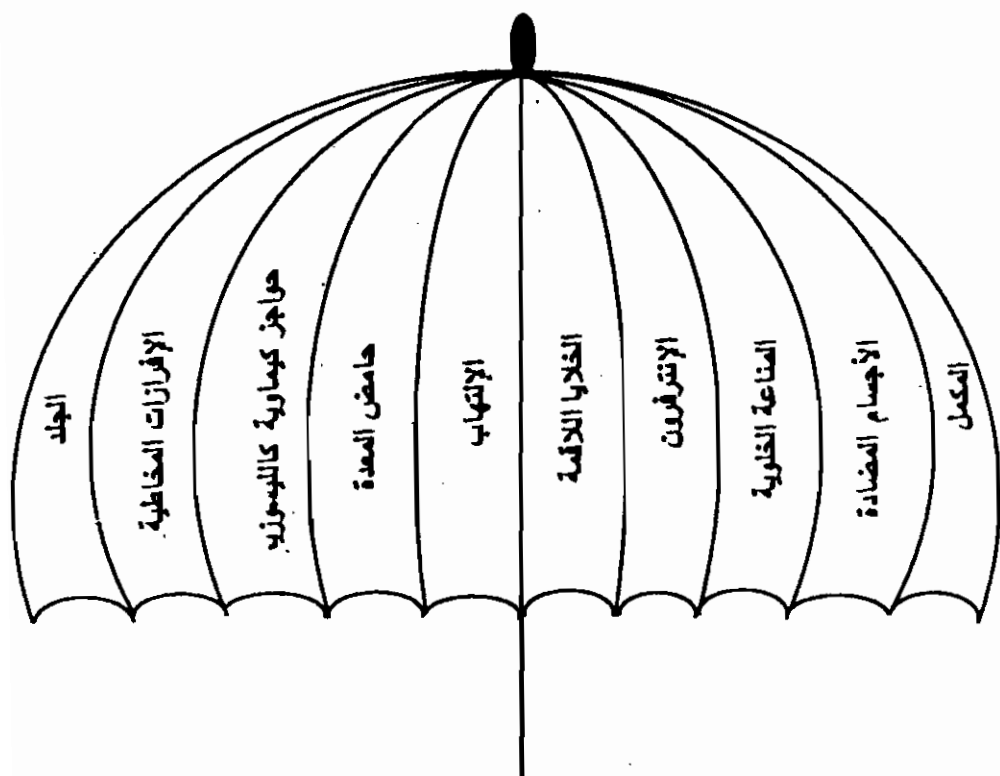
ويوجد نوعان رئيسيان من المقاومة ، مقاومة غير متخصصة Non - specific ، ومقاومة متخصصة Specific .

المقاومة غير المتخصصة ، وتعرف بالمقاومة الطبيعية Natural resistance ، وهى مقاومة عامة General ، غير متخصصة لمقاومة ميكروب معين ، وتوفرها مجموعة من عوامل الدفاع الموروثة ، وحواجز المقاومة الميكانيكية ، والكيميائية ، كما توفرها خلايا ومواد عديدة بالجسم ، مثل الخلايا الملتزمة ، وخلايا الليمف الطبيعية غير المتخصصة ، والعامل المكمل ، والإنترفيرون ...

أما المقاومة المتخصصة ، وقد تعرف بالمناعة Immunity ، فهى متخصصة Specific فى مقاومة ميكروب معين ، وتوفرها عوامل معينة ، مثل الأجسام المضادة التى تتفاعل بتخصص مع ميكروب معين ، وإن كان ينظر الآن إلى المناعة ، على أنها تشمل كلا من مقاومة العائل الطبيعية ، ومقاومة العائل المتخصصة (المكتسبة) ، ضد مرض معين . وسيفصل ذلك فى صفحات تالية من هذا الفصل .

وعند حدوث العدوى ، فإن كلا من أجهزة المقاومة الطبيعية ، والمتخصصة ، يعملان معا ، لمقاومة الميكروب المهاجم ، والتغلب عليه .

والشكل ٩(٣)-١ التخطيطى التالى، يوضح المظلة المناعية الواقية للإنسان.



شكل ٩ (٣) - ١ : شكل تخطيطي يوضح المظلة المناعية الواقية ، التي يعيش تحتها الإنسان .

Natural resistance

المقاومة الطبيعية

المقاومة الطبيعية للعدوى ، مقاومة عامة وغير متخصصة ، ويؤثر في درجتها عوامل عديدة ، منها أنها تختلف حسب النوع والسلالة ، وحتى بين الأفراد .

فتختلف المقاومة الطبيعية بين نوع حيوانى وآخر ، وتسمى فى هذه الحالة ، بمقاومة النوع Species resistance . وتعود إختلافات المقاومة بين الأنواع ، إلى الفروق القائمة بينها فى التركيب الوراثى ، والتشريحي ، والتمثيل الغذائى ، والوظائف الفسيولوجية للأعضاء . مثالا على ذلك ، نجد أن خنازير غينيا ، قابله للإصابة بدرجة كبيرة ببكتريا السل ، بينما نجد أن الإنسان ، مقاوم لهذا المرض ، بدرجة نسبية أكبر .

كما تختلف المقاومة الطبيعية ، بإختلاف السلالة ، وتسمى فى هذه الحالة ، بالمقاومة العرقية Racial resistance ، وكمثال ، فإننا نجد أن زنوج أفريقيا المقيمين بأمريكا ، مقاومين لمرض الملاريا ، عن الأمريكان البيض ، القابلين للإصابة بهذا المرض ، وقد تعود تلك المقاومة العرقية ، إلى عدم وجود مستقبلات لطفيل الملاريا ، على كرات الدم الحمراء للزنوج .

وتختلف المقاومة الطبيعية أيضا من فرد لآخر ، وتسمى فى هذه الحالة مقاومة فردية Individual resistance . ففي عائلة كبيرة العدد ، نجد أن طفلا معيناً بها ، لا يصاب بالحصبة مثلاً ، رغم إصابة جميع أطفال تلك العائلة ، أو أن العائلة بأكملها تصاب بالتسمم الغذائى العنقودى ، عدا فرداً واحداً ، رغم تناولهم جميعاً نفس الطعام . وتعود المقاومة الفردية ، إلى عامل أو أكثر ، من العوامل الخاصة بالفرد ، منها الحالة الصحية ، العمر ، الجنس ، التغذية ... الخ .

ومن عوامل المقاومة الطبيعية ، وسائل الدفاع الخارجية للجسم External defense mechanism ، وهذه تشمل الحواجز الميكانيكية مثل الجلد ، والحواجز الكيميائية ، مثل بعض إفرازات الجسم كالليوسوزيم . وتشكل الحواجز الميكانيكية ، والكيميائية خط الدفاع الأول للجسم ، ضد الميكروبات المهاجمة .

وسائل الدفاع الخارجية External defense mechanisms

حواجز المقاومة الميكانيكية والكيميائية

Mechanical and chemical barriers of resistance

يعتبر الجلد والأغشية المخاطية السليمة ، وكذلك شعر الأذن ، والأنف من حواجز المقاومة الميكانيكية ، لأنها بصفة عامة ، تمنع نفاذ الميكروبات للداخل ، كما أن حامض اللاكتيك والأحماض الدهنية ، المفرزة بواسطة الغدد العرقية والدهنية ، تخفض من الرقم الإيدروجيني ، مما يثبط من نمو البكتريا على سطح الجلد . وإن كان هذا لا يمنع تحت بعض الظروف ، عندما يصبح الجلد مثلا ، رطبا وطريا لفترات طويلة ، من نمو بعض الفطريات ، وتكاثرها بالجلد ، مثل فطريات مرض قدم الرياضي Athlete's foot ، مسببه عدوى الجلد .

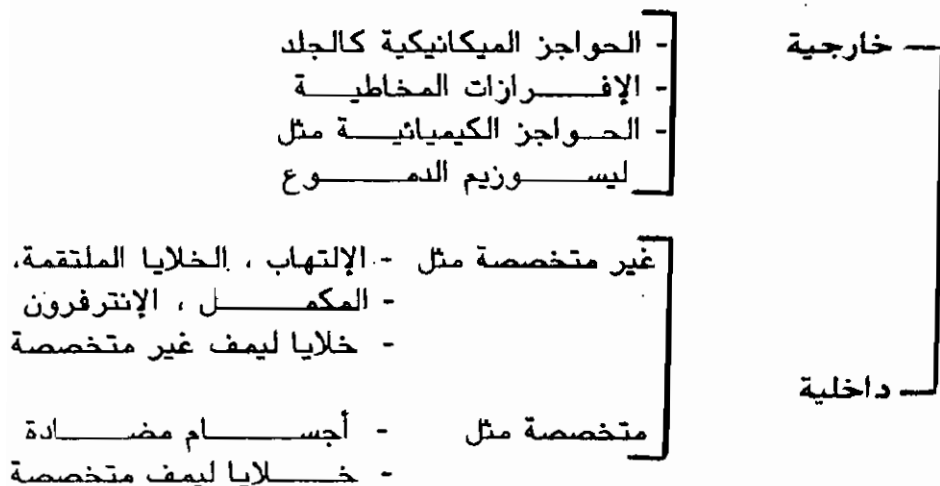
وتشكل الإفرازات المخاطية ، بالمسالك التنفسية ، والقناة الهضمية ، والمسالك البولية التناسلية ، تشكل غطاء واقيا للأغشية المخاطية بهذه الأعضاء ، كما أن تلك الإفرازات المخاطية ، تمسك الكثير من المجهريات وتحجزها ، حتى يتم التخلص منها ، أو تفقد قدرتها على العدوى .

وبالإضافة إلى عمل الإفرازات المخاطية ، واللعاب ، والدموع ، كحاجز ميكانيكى فى إزالة البكتريا ، فإن بعضا من هذه الإفرازات ، يحتوى على مواد مضادة للميكروبات ، تمنع حدوث العدوى ، مثالا على ذلك ، إنزيم الليسوزيم ، الذى يوجد فى كثير من إفرازات الجسم ، خاصة الدموع ، ويقوم بتحليل جدر البكتريا ، كما أن حموضة وقلوية ، بعض السوائل الجسدية ، تثبط نمو الكثير من الميكروبات .

وبالإضافة إلى وسائل الدفاع الخارجية ، فإن من عوامل المقاومة أيضا ، وسائل الدفاع الداخلية للجسم ، سواء الطبيعية أو المتخصصة . فإذا ما نجح الميكروب المهاجم ، فى إختراق خطوط الدفاع الخارجية ، التى تشكل خط الدفاع الأول للجسم ، فإنه سيواجه بوسائل الدفاع الثانية ، وهى وسائل الدفاع الداخلية . وهذه ، قد تكون غير متخصصة فى عملها ، مثل الناتجة من الملتقحات ، أو متخصصة ضد ميكروب معين ، مثل الناتجة من الأجسام المضادة .

والتخطيط التالى ، يوضح العلاقات المتبادلة ، بين وسائل دفاع الجسم المختلفة .

وسائل دفاع الجسم



Internal defense mechanisms

وسائل الدفاع الداخلية

Inflammation

الإلتهاب

عندما يخترق الميكروب ، أو أى جسم غريب ، الأغشية السطحية للجسم ، فإنه يسبب حول مكان الدخول إلتهابا .
والإلتهاب مجموعه من العمليات المعقدة : تحدث فى المكان المتأثر ، وله أربعة علامات مميزة ، هى : الإحمرار (Reddening (Erythema ، السخونة الخفيفة Heat ، الانتفاخ Swelling ، ثم الألم غالبا Pain .
وتظهر هذه العلامات المميزة للإلتهاب ، نتيجة لزيادة ورود الدم فى مكان العدوى ، وزيادة النشاط الإنزيمى ، وإفراز أنسجة العائل وبلازما الدم ، بعض المواد التى تحفز حدوث الإلتهاب ، ونتيجة أيضا للتوكسينات الميكروبية .
وعادة ما يكون الإلتهاب حادا ، وينتهى ذاتيا بعد فترة قصيرة ، وفى بعض الحالات ، قد يصبح الإلتهاب مزمنًا .

ونتيجة للإلتهاب ، الناتج من عدوى ميكروبية ، يزداد ورود الخلايا المدافعة بالدم ، ويزداد تركيزها حول الجزء المصاب ، وتعمل على مهاجمة الخلايا الغريبة ، والتقاؤها .

ويسمى السائل الناتج من الإلتهاب بالصديد Pus ، ويحمل الصديد ، السيروم ، والليمف ، والميكروبات ، والخلايا الحية والميتة ، وكرات الدم البيضاء .

تلعب عملية الإلتهاب دوراً في المقاومة ، حيث يتم من خلالها ، محاصرة الميكروب المهاجم في مكان دخوله ، مع محاولة التخلص منه . فإذا ما نجح الميكروب في الهروب ، من خلال الأوعية الدموية أو الليمفاوية ، فإنه سيقابل الخلايا الملتزمة المتخصصة ، وتوضح جداول [٩(٣) - ١ ، ٩(٣) - ٢ ، ٩(٣) - ٣] ، أنواع ونسب خلايا الدم ، التي لها علاقة بمقاومة العدوى .

Phagocytosis

الإلتقام (الإلتهاام ، البلعمة)

تلعب الخلايا الملتزمة (الملتزمة ، البلعميات) ، Phagocytes* ، دوراً هاماً ، في مقاومة الميكروب المهاجم ، وحماية الجسم من العدوى ، ويوجد نوعين من الخلايا الملتزمة [جداول ٩(٣) - ١ ، ٩(٣) - ٢ ، ٩(٣) - ٣] .

١- كرات الدم البيضاء المحببة مفصصة النواة ، خاصة تلك المحبة للصيغ بالصيغات المتعادلة

Poly morpho nuclear granulocytes , The polymorphs
(mainly neutrophils)

تمثل كرات الدم البيضاء المحببة ، الخط الأمامي ، من خطوط الدفاع الداخلية بالجسم ، وهي تنتج في نخاع العظام ، وتنتشر بأعداد كبيرة في الدم (عندها حوالي 6×10^6 / مل دم شخص طبيعي) ، وتتجه لأماكن الإلتهاب لتؤدي مهمتها ، وتعيش بالدم لعدة أيام فقط ، ثم تموت ، ويحل محلها خلايا أخرى جديدة ، ناتجة من نخاع العظام .

(*) Phagocytes تعنى الخلايا الأكالة

جدول ٩ (٢) - ١: أنواع خلايا دم جسم الإنسان ، التي لها علاقة بمقاومة العدوى

نوع الخلايا	مكانها	مصدرها	عملها
كرات الدم البيضاء Leucocytes	الدم	- نخاع العظام - الخلايا الجذعية (٢) Stem cells	- تقسم حسب تركيبها، وقابليتها للصبغ - فورا عندما متهددة [انظر جدول ٩ (٢) - ٢]
خلايا البلازما (١) Plasma cells	- عتد الليمف - أنسجة الليمفويده (الطحال والثيموسية)	الخلايا الليمفاوية 8 (lymphocyte 8)	إنتاج أجسام مضادة
المانعات الكبيرة Macrophages - خلايا متجولة Vandering - خلايا ثابتة Fixed	أنسجة الجسم الطحال ، الرئة ، البنكرياس ، الغدة الكبدية ، والطحال	من كرات الدم البيضاء monocytes وحيدة النواة	الآلة

(١) نوع من الخلايا ذات خواص مورفولوجية ميكروسكوبية مميزة ، ولا يعني تغيير خلايا البلازما ، عن خلايا
بسائل الدم ، البلازما
(٢) خلايا بنخاع العظام

جدول ٩ (٣) - ٢: أنواع كرات الدم البيضاء
تقسم كرات الدم البيضاء ، حسب تركيبها ، وقابليتها للصبغ ، إلى

النوع	مكانها	مصدرها	الوصف	الأهمية
كرات الدم البيضاء Leucocytes ١- الخلايا المحيية مفصصة النواء Poly morpho nuclear granulocytes	الدم	نخاع العظام ، والخلايا الجذعية	بها حبيبات عديدة منتشرة في السيتروللازم والنويات على شكل فصوص	الانتقام
١-١ محييه للصبغات المتعادلة Neutrophils			قابلية للصبغ بالصبغات المتعادلة	الانتقام
٢-١ محييه لصبغة الأيوسين الحامضية Eosinophils			قابلية للصبغ بصبغة الأيوسين الحامضية (لون احمر)	الانتقام
٣-١ محييه للصبغات القاعدية Basophils			قابلية للصبغ بالصبغات القاعدية مثل الجانسيان (لون بنفسجي)	إنتاج الهستامين

الأنشطة	الوصف	مصدرها	مكانها	النوع
تكوين خلايا T, B	<ul style="list-style-type: none"> - أصغر من كرات الدم البيضاء وحيدة النواه - لها نواة كبيرة - ذات سيتوبلازم قليل 	<ul style="list-style-type: none"> - أعضاء الليمفويد - نخاع العظام - الخلايا الجذعية 	<ul style="list-style-type: none"> - البلانزا، - نسيج الليمفويد، - الطحال ، - الغدة التيموسية Thymus 	٢- الخلايا الليمفاوية Lymphocytes
الإنقاص	<ul style="list-style-type: none"> - أكبر من الخلايا المحيية - مضمصة النواه - لها نواه واحدة ، تشبه حذوة الحصان أو بيضاوية - بها حبيبات قليلة - بالسيتوبلازم 	<ul style="list-style-type: none"> - نخاع العظام - الخلايا الجذعية 	الدم	٣- كرات الدم البيضاء وحيدة النواه Monocytes

جدول ٩ (٣) - ٢: أحجام ونسب أنواع كرات الدم البيضاء بالدم الطبيعي

النوع	الحجم/ميكرومتر	النسبة منسوبة إلى العدد الكلي لكرات الدم البيضاء
كرات دم بيضاء ١- خلايا محببة مفصصة النواه ١-١ محبة للصبغات المتعادلة ٢-١ محبة للصبغات الحامضية ٣-١ محبة للصبغات القاعدية	١٤-١٢	٧٠-٦٠ ٤ - ٠ ٢ - ٠
٢- الخلايا الليمفاوية	١٠ - ٧*	٣٠-٢٥
٣- خلايا وحيدة النواة	٢٢-١٦	٨ - ٢

* في حالة عدم النشاط

وتحتوى كرات الدم البيضاء المحببة ، على عدد كبير من الإنزيمات ، والمواد المضادة للميكروبات ، التى تحلل بها الميكروبات وتقتلها . وتوجد هذه المواد ، فى جسيمات محاطة بغشاء ، تسمى ليسوسوم Lysosome .

٢- الملتقحات (البلعميات) الكبيرة Macrophages

تنتج الملتقحات الكبيرة ، من كرات الدم البيضاء وحيدة النواة Monocytes ، وهذه تنتج من نخاع العظام .

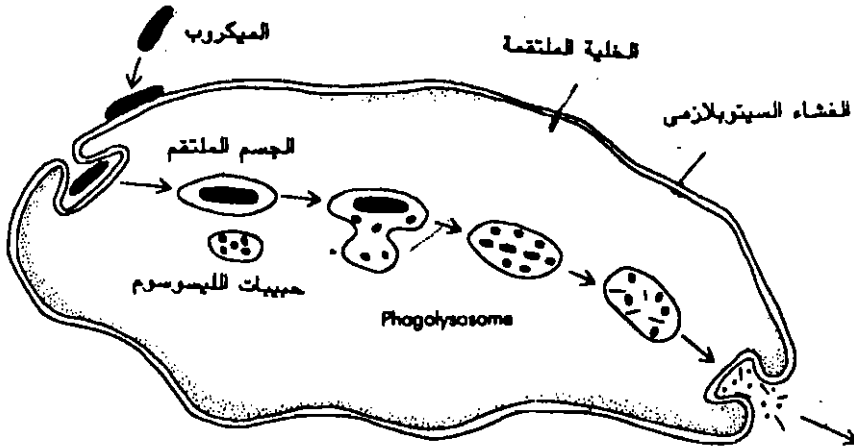
والملتقحات الكبيرة ، عكس الخلايا البيضاء المحببة ، تعيش بالأنسجة لمدة أطول ، تصل لأسابيع وأشهر ، وهى منتشرة بكل الجسم ، ولكن بأعداد أقل من الخلايا المحببة . وتحتوى الملتقحات الكبيرة أيضا ، مثل الكرات البيضاء المحببة ، على الليسوسومات ، التى يوجد بها المواد المحللة للميكروبات .

ميكانيكية الإلتقام Mechanism of phagocytosis

عند وجود المستقبلات المناسبة ، بين الخلية الملتقمة (الملتزمة) والميكروب ، يرتبط الميكروب بسطح الخلية الملتقمة . ويساعد على زيادة قوة الارتباط ، وجود الأجسام المكملة Complement بسيروم الدم ، وكذلك وجود الأجسام المضادة ، المسماة بالطاهيات Opsonins (أجسام بروتينية بالسيروم) ، التى تسهل عملية إلتقام الميكروب ، بواسطة الخلايا الملتقمة.

بعد الإلتصاق ، يمتد من الخلية الملتقمة ، زوائد أميبية قصيرة ، تحيط بالميكروب ، فتتكون فجوة ، تسمى بالجسم اللاقم Phagosome ، ويتحرك نحو الفجوة ، حبيبات الليسوسوم ، وهى الأجسام التى تحمل الإنزيمات المحللة ، وتدخل الحبيبات بداخل الفجوة ، وتحلل الميكروبات [شكل ٩ (٣) - ٢] .

وتستغرق عملية قتل أغلب الميكروبات ، بضع دقائق ، وإن كان التحلل الكامل للميكروب ، يتم فى عدة ساعات



شكل ٩ (٣) - ٢: إلتقام خلية ميكروبية

Complement system

نظام المكمل

المكمل (المتمم) ، إحدى عشر نوعا ، ويرمز لكل ، بالرمز C ، مع إعطاء الرقم أو الرمز المناسب لكل نوع ، مثل C_1 ، C_{4b} ... الخ ، وجميعها ينتمى من حيث التركيب الكيميائى ، إلى البروتينات .

ويوجد المكمل طبيعيا ، فى سيروم الدم ، وهو حساس للحرارة Thermolabile ، وغير متخصص فى تفاعلاته ، وسمى بالمكمل ، لأن له تأثير مكمل ، على بعض التفاعلات المناعية ، الخاصة بالأجسام المضادة ، وتتضمن هذه التفاعلات ، تسهيل عملية الإلتقام ، فى وجود الطاهيات ، Opsonization ، وزيادة التجاذب الكيميائى Chemotaxis ، وتسهيل تحلل الخلايا Cell lysis .

التفاعلات المناعية ، الخاصة بتعادل الأجسام المضادة ، مع الفيروسات ، والتوكسينات ، ذات عامل مؤثر على زيادة مقاومة العائل ، وفيما عدا ذلك من تفاعلات مناعية ، فإن عمل الأجسام المضادة بمفردها ، يقتصر على الإتحاد بالأنتجين ، بتجميعه أو بترسيبه ، وهذه التفاعلات لوحدها ، وسائل غير كافية لزيادة مقاومة العائل . ولكن إذا ما وجد المكمل ، فإن التأثير المناعى ، الناتج من تفاعل الجسم المضاد مع الأنتجين ، يزداد ، بتسهيل عملية الإلتقام فى وجود الطاهيات Opsonins ، وتحلل الخلايا الغريبة ، وعلى ذلك ، فإنه نتيجة لوجود المكمل ، تزداد مقاومة العائل .

تحتاج تفاعلات المكمل ، فى عملها المناعى ، إلى وجود ثلاث مكونات بالدم ، هى : الأنتجين ، والجسم المضاد ، والمكمل نفسه . ويبدأ التفاعل ، بإتحاد الجسم المضاد بسطح الأنتجين ، فيحدث تنشيط للمكمل ، يدفعه للإلتصاق بسطح المركب (الأنتجين - الجسم المضاد) ، فيما يعرف بعملية تثبيت المكمل Complement fixation ، وبذلك ، يكمل التفاعل المناعى فى وجود المكمل ، سواء أكان هذا التفاعل خاصا ، بمقاومة الميكروبات ، أو بالتشخيص السيروولوجى .

Interferons

الإنترفرونات

الإنترفرونات عدة أنواع ، وكلها بروتينات ، ذات وزن جزيئي صغير ، يتراوح من ٢٠ إلى ١٠٠ ألف دالتون ، وتنتجها خلية العائل ، نتيجة للإصابة بالفيروس .

والإنترفرون ، عامل مضاد للفيروسات ، ولكن بدون تخصص لفيروس معين ، Non-specific antiviral agent ، ولكنه متخصص ، بالنسبة لخلايا نوع العائل التي أنتجته Cell - specific species ، فالإنترفرون الذي أنتجته خلايا آدميه ، يحمي بشكل أساسي خلايا الإنسان ، ولكن قدرته ضعيفة ، على حماية خلايا أرنب ، أو فأر ، أو أى حيوان آخر .

يسبب الإنترفرون زيادة فى مقاومة العائل ، بطريقة غير مباشرة ، فهو لايتحد مباشرة بالفيروس ، ولكنه يحث خلية العائل ، على تكوين بروتين مضاد Anti - viral protein ، للفيروسات الأخرى المهاجمة . والبروتينات المضادة المتكونة ، تمنع تضاعف الفيروسات المهاجمة ، داخل خلايا العائل ، نتيجة لتثبيطها للنظام الخاص ، بتمثيل الحامض النووى للفيروس .
Viral NA synthetase system .

ورغم أن الإنترفرون ، يلعب دورا فى حماية خلايا العائل من الفيروسات ، إلا أن استعماله الإكلينيكي حتى الآن قليل ، لأنه غير ثابت ، فى سوائل أنسجة العائل .

Blood

الدم

يلعب الدم دورا رئيسيا فى التفاعلات المناعية ، وفى الدراسات الخاصة بها ، ومن هذه الزوايا ، يمكن القول ، بأن الدم يحتوى على سبعة مكونات رئيسية ، هى : كرات الدم الحمراء ، كرات الدم البيضاء ، الصفائح ، الفيبرين ، سائل الليمف ، البلازما ، والسيروم . وتوجد كرات الدم الحمراء والبيضاء والصفائح ، معلقة فى سائل الدم ، البلازما ، قبل تخثره .

Erythrocytes**كرات الدم الحمراء**

الكرات الحمراء ، ذات قطر حوالى ٨ ميكرومتر ، ويصل عددها بدم الإنسان العادى ، إلى حوالى ٥ مليون خلية / مل دم . وهى لاتحتوى على نواه ، وتعطى الدم لونه الأحمر ، وتحمل الأكسجين ، من الرئة إلى الأنسجة ، وثانى أكسيد الكربون ، من الأنسجة إلى الرئة .

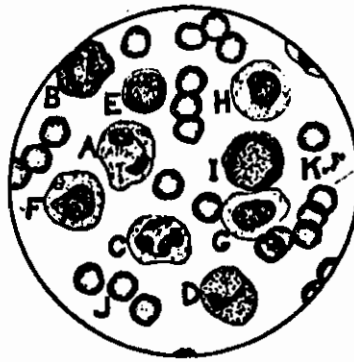
ويعود لون الدم الأحمر ، إلى الصبغة التنفسية الحاملة للأكسجين ، الموجودة بكرات الدم الحمراء ، المسماه هيموجلوبين ، وتتركب تلك الصبغة من بروتين وحديد . وعندما تتحطم كرات الدم الحمراء ، بسبب الإنتفاخ الأسموزى Plasmolysis ، أو السموم ، أو الميكروبات ... الخ ، يحدث تحللا لجدر خلايا كرات الدم الحمراء Hemolysis ، وينساب منها الهيموجلوبين ، ويصبح الدم ، كالحبر الأحمر ، شفافا .

Leucocytes**كرات الدم البيضاء**

الكرات البيضاء ، خلايا عديمة اللون ، كبيرة الحجم نسبيا ، قطرها يتراوح من ١٠ إلى ٢٠ ميكرومتر ، ويصل عددها ، إلى حوالى ٨ آلاف خلية لكل مل دم ، ولها نواة محددة . وكرات الدم البيضاء عدة أنواع ، تقسم حسب تركيبها ، وقابليتها للصبغ ، وأغلبها ملتقمة للميكروبات . [جداول ٩ (٣) - ١ ، ٢ ، ٣ ، وشكل ٩ (٣) - ٣] .

Platelets**الصفائح (لويحات الدم)**

الصفائح ، جزيئات دقيقة ، ذات أشكال متعددة ، تشبه الصفائح الرقيقة (ومن هنا جاءت التسمية) ، وهى أصغر حجما من كرات الدم الحمراء ، ويصل عددها ، إلى حوالى ٢٥٠ ألف / مل دم .



(١٠٠٠ X)

شكل ٩ (٣)-٣: رسم تخطيطي لغشاء مصبوغ بصغة Jenner ، يوضح أشكال خلايا السم المختلفة

A , B , C : خلايا محبة مفصصة النواة

D : خلايا محبة للصبغات الجامضية ، ذات حبيبات ونواة على شكل فص

E : خلايا ليمفاوية

F , G , H : أشكال مختلفة لخلايا وحيدة النواة

I : خلايا ليمفاوية ، ذات نواة على شكل حدوة الحصان

J : خلايا كرات دم حمراء ، محبة ، ذات شكل قرصي

K : الصفائح

وتلعب الصفائح ، دورا هاما فى تخثر الدم ، بتحويل الفيبرينوجين (مولد الفيبرين) ، إلى شبكه من الخيوط الدقيقة المجهرية ، التى تساعد فى عملية تخثر الدم .

Fibrin

مركبات الفيبرين

الفيبرين ، أحد بروتينات بلازما الدم ، وهو ينشط بعد خروج الدم من وعائه ، وبمساعدة الصفائح ، يكون الفيبرين شبكه من الخيوط الدقيقة المجهرية ، التى تساعد فى تخثر الدم ، وتحجز بينها خلايا الدم والميكروبات ، فتوقف نزيف الدم ، وينفرد السيروم من الدم المتخثر .

Lymph

الليمف

الليمف ، هو السائل الموجود بالأوعية الليمفاوية ، ويشبه إلى حد كبير بلازما الدم ، وقابل مثله للتخثر .

يتجمع السائل الليمفاوى من أجزاء الجسم المختلفة ، من بين الشعيرات الدموية وخلايا الجسم ، ويعود الليمف إلى الدم ، عن طريق جهاز لورى خاص به ، يتكون من شعيرات وقنوات ليمفاوية ، تصل إلى أوردة قريبة من الكتفين ، توصله إلى القلب .

يقوم سائل الليمف ، بإعادة خلايا البلازما ، التى خرجت من الأوعية الدموية ، إلى الدم ، كما يحمل معه فضلات الجسم الذائبة ، إلى الكليتين للتخلص منها ، ويحمل معه أيضا كرات الدم البيضاء ، الناتجة من الأنسجة الليمفاوية ، كما يعتبر الليمف ، وسط مزرعى مناسب ، تنمو به خلايا الأنسجة ، بالجسم .

Plasma

البلازما

البلازما ، هو سائل الدم ، الذى يمثل حوالى ٥٥% منه ، وهو شفاف ، ولونه مصفر ، ويوجد به مكونات الدم الأخرى ، من كرات حمراء ، وبيضاء ، وصفائح ، وفيبيرين ، التى تمثل جميعها حوالى ٤٥% من الدم .

يتكون البلازما من ٩٢% ماء ، والباقى وهو ٨% ، فإنه يمثل مجموعة من المواد الضرورية للحياة ، منها مواد عضوية ، مثل الجلوكوز ، والدهون ، والأحماض الأمينية ، ومواد غير عضوية ، مثل الصوديوم ، والبوتاسيوم ، كما يحتوى البلازما على فيبرينوجين (مولد الفيبيرين) ، وبروتين مثل الجلوبيولين ، وهرمونات مثل الأنسولين ، والأدرينالين ، والرقم الإيدروجينى للبلازما -٧ .

Serum

السيروم (المصل)

السيروم ، هو البلازما الخالية من مادة الفيبيرينوجين ، وهى المادة البروتينية التى تزول من البلازما بعد تخثر الدم ، ويرشح البلازما ، من الدم المتخثر ، كسائل باهت اللون .

تتكون بروتينات سيروم الدم ، التى أمكن فصلها حسب سرعة التحرك بنظام التفريد الكهربائى ، من أربعة مجاميع ، هى الألبومين ، والفا ، وبيتا ، وجاما جلوبيولين . وتنتمى أغلب الأجسام المضادة ، للجاما جلوبيولين ، ولذلك تسمى بالجلوبيولينات المناعية .

والجلوبيولين ، جزئى غير متناظر Asymmetrical molecule ، على شكل الأسطوانة أو السيجار ، ووزنه الجزيئى بالإنسان ، حوالى ١٦٠ ألف دالتون ، وكأى بروتين فإنه يتلف بالحرارة ، والأحماض والقلويات والكحولات ... الخ ، ويمكن إكسابه صفات فلوروسنتية ، أو ترقيمه باليود المشع ¹³¹I ، وذلك لإستعماله فى الدراسات المناعية .

توجد الأجسام المضادة بالسيروم ، ويسمى السيروم المحتوى على الأجسام المضادة ، بالسيروم المنيع ، أو السيروم المضاد Anti - serum ، وهو قادر على الإتحاد بالأنتجين المتخصص ، فى المعمل ، أو فى الجسم .

Immunity

المناعة

المناعة ، هى إحدى صور مقاومة الجسم لمنع حدوث العدوى ، وتحديدًا ، فهى مقاومة العائل الطبيعية أو المكتسبة ، ضد مرض معين . وحديثًا ، فقد إتسع هذا التعريف ، ليشمل الإستجابات المناعية ، للمواد الأنتيجينية غير السامة ، وغير المعدية ، مثل حبوب اللقاح ، وكرات الدم الحمراء ، وبعض الكيماويات .

تتم المناعة بطريقتين

١- طبيعية أو موروثة Natural or Inherited

وهذا النوع من المناعة ، يوجد طبيعيًا بجسم العائل ، وهو يختلف باختلاف النوع والسلالة والأفراد . ففيروس الحصبة ، معدى للإنسان ، ولكنه غير معدى للحيوان ، وزنوج أمريكا ، أكثر مقاومة للملاريا والحمى الصفراء ، من الأمريكان البيض .

وتعود المناعة الطبيعية ، إلى خواص العائل الوراثية ، وإلى الاختلافات الموجودة بين الأنسجة فى الأنواع المختلفة ، من حيث قابليتها للإصابة ، ونشاطها الأيضى ، التى تحد من إستقرار ، وتكاثر ، الميكروب المهاجم بالنسيج المصاب .

Acquired

٢- مكتسبه

أ - قد تتم المناعة المكتسبه بطريقة عرضية Accidental ، وتسمى مناعة مكتسبه عرضيًا ، كما يحدث عقب الإصابة مثلاً بالحصبة ، أو الحمى القرمزية ، أو التيفود . فعقب الشفاء من هذه الأمراض ، يكون المصاب قد اكتسب مناعة ضدها ، تحميه من الإصابة بها مرة ثانية ، البعض من هذه الأمراض ، يسبب للعائل مناعة مكتسبه طول الحياة ، والبعض الآخر ، يكسبه المناعة ضدها لمدة محدودة .

ب- وقد تتم المناعة المكتسبه بطريقة إصطناعية ، وتسمى مناعة مكتسبه إصطناعيا Artificial ، ويتم ذلك بواسطة :

Vaccine

١- اللقاح (الفاكسين)

وهنا تتم المناعة الإصطناعية ، بالتلقيح باللقاح المناسب ، وتسمى المناعة الناتجة ، **مناعة فعالة أو نشطة Active immunity** ، كما فى حالة التلقيح ضد التيفود ، أو الكوليرا ، أو الجدري ، أو الدفتريا ، والمناعة النشطة ، قد تستمر لمدة طويلة ، كما فى حالة الجدري ، أو تبقى لمدة قصيرة ، كما فى حالة الأنفلونزا .

وفى حالة المناعة النشطة ، فإن الجسم يكون أجسامه المضادة عقب الحث الأنتيجينى ، ولذلك ، تمر فترة بعد أخذ اللقاح ، حتى تتمكن خلايا الجسم خلالها ، من تكوين الأجسام المناعية ، بكمية كافية للحماية من المرض ، ولهذا ، فإن طريقة المناعة النشطة ، تفيد كثيرا فى الوقاية من المرض ، قبل ظهور أعراضه على الجسم .

Antibodies

٢- الأجسام المضادة

وهنا تتم المناعة الإصطناعية ، بنقل الأجسام المضادة السابق تحضيرها ، سيروم الدم ، أو بخلايا الليمفويد ، إلى الشخص المعنى . وتسمى المناعة الناتجة ، **مناعة منفعله أو منقولة Passive immunity** ، كما فى حالة إستعمال السيروم المضاد ، ضد توكسين التتanos .

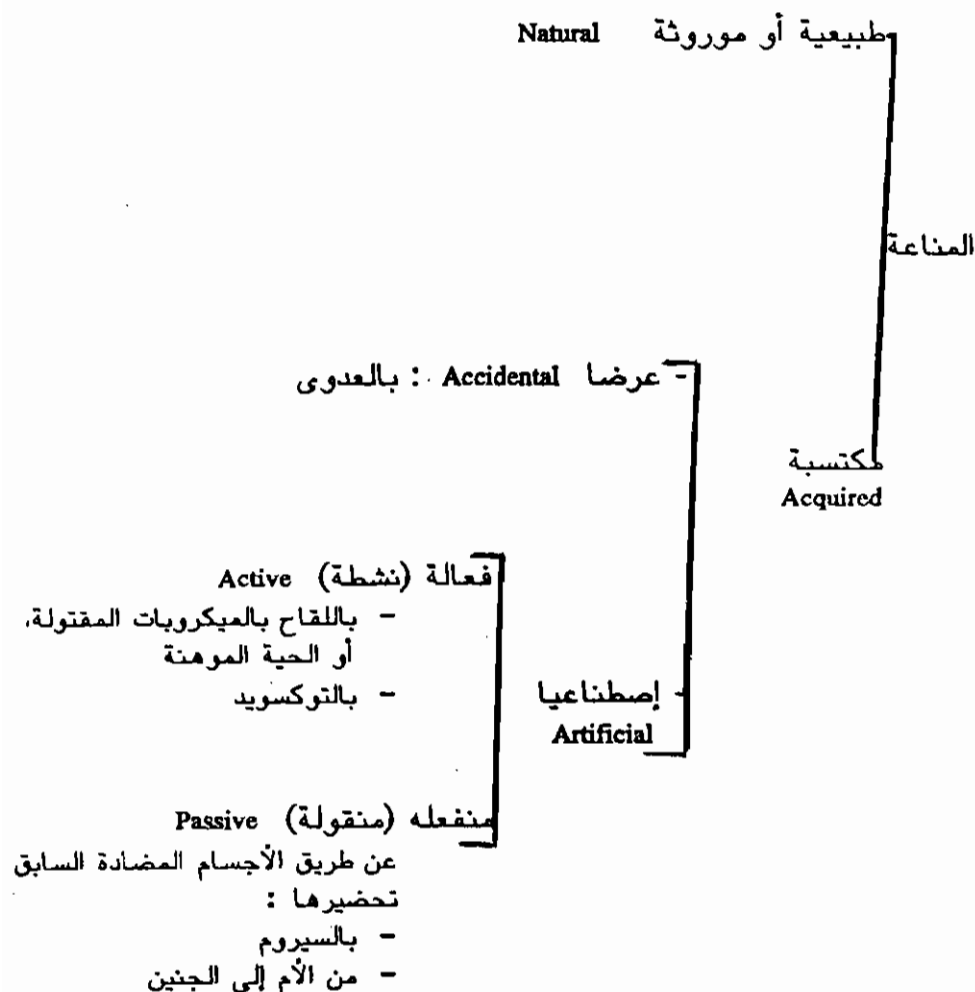
وتنتقل الأجسام المضادة المجهزة أيضا (مناعة منقولة) ، من الأم إلى الجنين أثناء الحمل ، عن طريق الدورة الدموية ، ومن الأم إلى المولود الجديد ، بالرضاعة الطبيعية ، ولذلك ، نجد أن المولود الجديد ، منيع ضد بعض الأمراض ، كالدفتريا مثلا ، إلى عمر ٦ شهور .

تزود المناعة المنقولة الجسم ، بالأجسام المضادة مباشرة ، لذلك ، فهى تستخدم للعلاج ، بعد ظهور أعراض المرض .

وتستمر المناعة المنقولة بالجسم لمدة قصيرة ، حوالى ٣ - ٤ أسابيع ، تنقص بعدها تدريجيا ، يوما بعد آخر ، حتى تزول ، لأن الأجسام المضادة التى عومل بها الجسم ، غريبة عنه Heterologous ، أى ليست من نفس النوع .

أما المناعة المنقولة من الأم إلى الجنين ، فإنها تستمر بالمولود الجديد لفترة أطول نسبيا ، تصل لعدة شهور ، وذلك لأن الأجسام المضادة المنقولة من الأم ، ليست غريبة عن الجنين ، بل هي من نفس النوع Homologous ، ولذلك ، فإنها لا تختفي سريعا من الجسم .

والتخطيط التالي يوضح أنواع المناعة



دور النظام المناعي بالجسم

يشمل النظام المناعي Immune system ، أجهزة مقاومة العائل ، وطرق عملها .

والدور الذى يلعبه نظام الجسم المناعى ، بجسم العائل ، متعدد

- فقد يكون بالدفاع Defense ضد العوامل المرضية ، وذلك بواسطة الأجسام المضادة ، والملتقّصات الكبيرة .

- أو بالمحافظة على الاستقرار المتجانس للجسم Homeostasis ، بالعمل على استمرار الظروف الطبيعية للجسم ، بالإزالة المستمرة للخلايا ، أو أجزائها التالفة ، وبالمحافظة على دوام المناعة الذاتية للجسم .

- أو بالرقابة والترصد Surveillance ، بالتعرف على الخلايا الغريبة عن الجسم منذ بدء تكوينها ، مثل الخلايا السرطانية ، والعمل على إزالتها .

أنواع الإستجابة المناعية Types of immune response

عندما يتغلب الميكروب الممرض ، على مقاومة العائل الطبيعية غير المتخصصة Natural nonspecific resistance ، التى سبق الكلام عنها ، فإن الميكروب يواجه ، بوسائل العائل الدفاعية الثانية ، وهى المناعة المكتسبة المتخصصة Acquired specific immunity .

فبدخول الأنتجين ، كالميكروب الممرض مثلا ، بالجسم ، يحدث بالجسم إستجابة مناعية . ولهذه الإستجابة شكلان

١- إستجابة بالأجسام المضادة Humoral (fluid) response

وهذه الإستجابة ، يحفز إنتاجها خلايا ليمف ب^(١) B-lymphocytes , B-cells . بعد إنتاجها بالانتجين . وتحفز أيضا خلايا ليمف ب ، إنتاج خلايا البلازما بالجسم .

٢- إستجابة بواسطة الخلايا Cell-mediated response

وهذه الإستجابة ، يحفز إنتاجها خلايا ليمف ت^(٢) T-lymphocytes , T-cells .

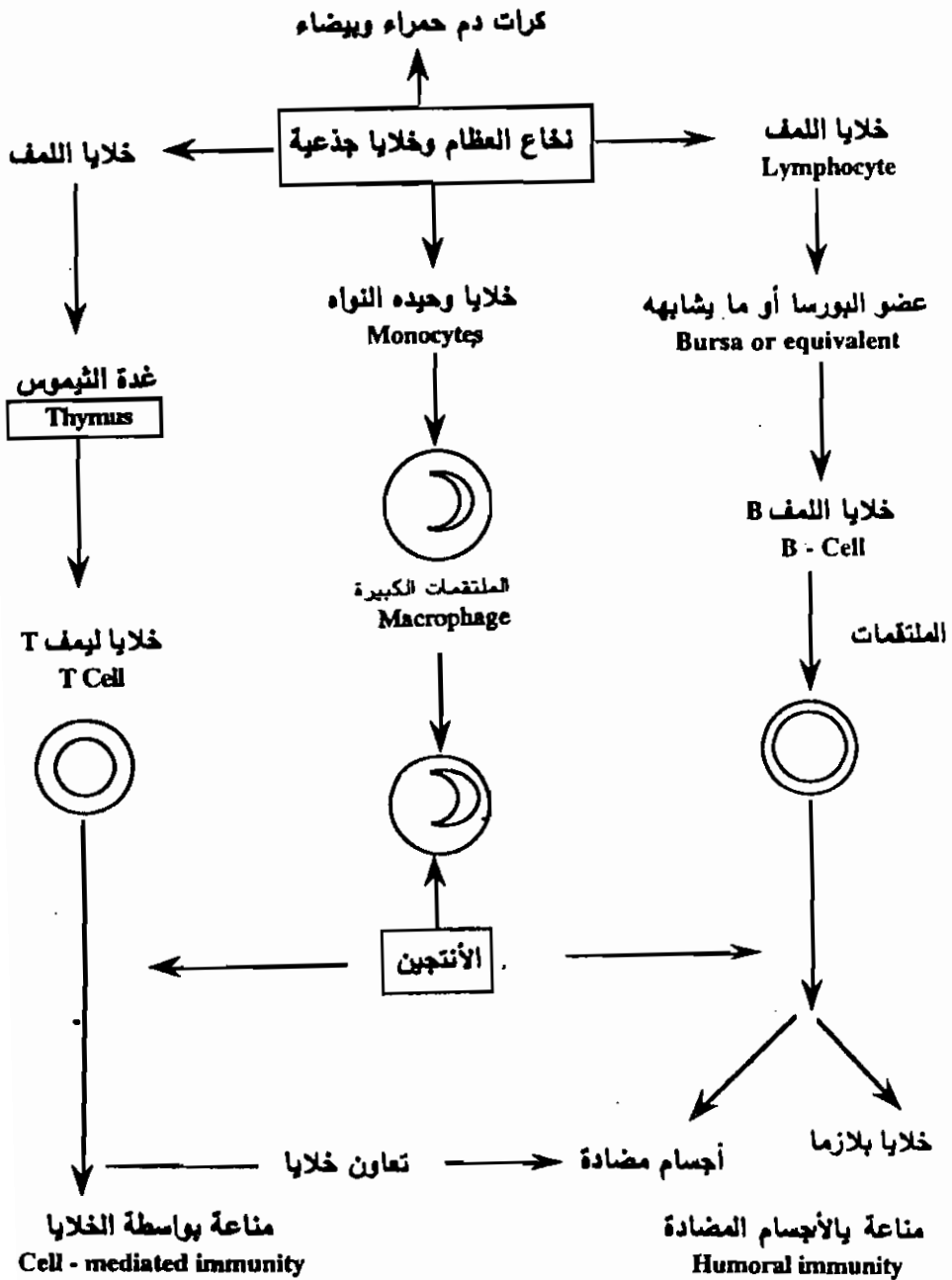
تساعد خلايا T على قتل الميكروبات المهاجمة ، كما تساعد الملتقحات الكبيرة على تحطيم الميكروبات . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن خلايا T ، تشجع خلايا B ، على زيادة إنتاج الأجسام المضادة ، فيما يعرف بعملية التعاون بين الخلايا Cell co-operation . وتسبب خلايا T ، بعض حالات الحساسية التي تحدث بالجسم ، وهي مستولة أيضا ، عن رفض الجسم للأعضاء المزروعة به .

ويبين الشكل [٩(٣) - ٤] تكون ، وتطور ، أنواع الإستجابة المناعية .

خلايا ليمف B ، T ، خلايا ليمف متخصصة ، محفزة للإستجابات المناعية المتخصصة التي تحدث بالجسم ، فهي المستولة أساسا عن الاستجابة بالأجسام المضادة ، والإستجابة بواسطة الخلايا ، التي سبق ذكرها .

(١) سميت B-cells ، لأنه لوحظ ، أنه عقب إنتاج هذه الخلايا بنخاع العظام ، فإنها تمر على عضو ليمفويدي ، اسمه في حالة الطيور Bursa of Fabricius ، وقد أخذت الخلايا حرف B ، من الحرف الأول بكلمة Bursa .

(٢) سميت T-cells ، لأنه عقب إنتاج هذه الخلايا بنخاع العظام ، فإنها تمر على الغدة الشيموسية Thymus (غدة أسفل الرقبه ، وتسمى بالعربية غدة التوتة) ، ومن هنا أخذت حرف T .



شكل ٩ (٣) - ٤ : تكون وتطور الإستجابة المناعية

وخلايا ليف B, T ، خلايا صغيرة مستديرة ، ذات قطر حوالى ٧ ميكرومتر وهى فى حالة السكون ، وهى من كرات الدم البيضاء ، وتصنع (تنتج وتنضج) فى نخاع العظام ، والطحال ، والغدة التيموسية ، وتمر فى الدم ، إلى العقد الليمفاوية والطحال وباقى أنسجة الجسم ، ثم تعود ثانية إلى الدم ، خلال القنوات الليمفاوية ، وتوجد هذه الخلايا الليمفاوية ، بتركيزات عالية فى العقد الليمفاوية ، وفى أماكن إنتاجها .

وخلال دورة تلك الخلايا الليمفاوية ، فإنها تكون خلايا B ، المحفزة لتكوين الأجسام المضادة ، وخلايا T ، المحفزة للمناعة بواسطة الخلايا .

إذا كانت الإستجابة المناعية للجسم ، غير كافية للتخلص من الجسم الغريب ، يحدث ما يسمى بأمراض نقص المناعة Immune - deficiency diseases ، ويعنى هذا ، عدم قدرة الفرد ، على تكوين مناعه بجسمه ، ضد العوامل المعدية ، مما يزيد من قابليته للعدوى بدرجة كبيرة ، كما فى عدوى الإلتهابات الرئوية ، والسرطانات ، والإيدز ... وغيرها .

وتحدث أمراض نقص المناعة ، نتيجة

- نقص فى تكوين خلايا B ، وبالتالي نقص فى تكوين الأجسام المضادة المحتاج إليها الجسم ، رغم وجود خلايا T .
- عدم تكوين خلايا T ، بكميات كافيه بالجسم ، نتيجة ضمور فى الغدة التيموسية ، التى تعمل على إنضاج خلايا T بعد تكونها ، فى نخاع العظام .
- نقص فى تكوين كلا من خلايا B وخلايا T .

References

- Barrett, J.T.,(1983). Textbook of immunology. 4th Ed., Mosby, St. Louis, USA.
Tizard, I.R.,(1984). Immunology, an introduction. Saunders College Publishing, New York.

الفصل التاسع رابعاً

الانتجينات والأجسام المضادة

■ الانتجين

خواص الانتجين

معدلات عمل الانتجين

المساعدات

الانتجينات الموجودة طبيعياً المهمة طبياً

انتجينات أنسجة جسم الإنسان

انتجينات كرات الدم الحمراء

انتجينات ريسوس

الانتجينات البكتيرية والفيروسية

اللقاحات (الفكسينات)

أنواع اللقاحات [جدول ٩ (٤) - ٣٠]

■ الأجسام المضادة

تركيب الجسم المضاد

أنواع الأجسام المضادة

الحساسية

المبكرة

المتأخرة

الأسماء الوظيفية للأجسام المضادة

استخدام تفاعلات الانتجين والأجسام المضادة

الاختبارات السيرولوجية

■ المراجع

الفصل التاسع - رابعا

الأنتجينات والأجسام المضادة Antigens and Antibodies

الأساس فى المناعة المكتسبة ، هو قدرة النظام المناعى للعائل ، أى أجهزة المقاومة الخاصة به ، على التعرف والتمييز ، بين الخلايا والمواد المناعية الخاصة بذات العائل ، أى التى هو بذاته مصدرها ، Self - origin ، وتلك المواد التى ليس هو مصدرها Non - self origin . وتتضمن المواد غير الخاصة بذات العائل ، حبوب اللقاح ، وزلال البيض ، والخلايا الخاصة بحيوانات أخرى ، والميكروبات ، والتوكسينات ، واللقاحات . وهذه المواد ، إذا ما دخلت الجسم ، فإنها تعتبر موادا غريبة عنه ، وتسمى أنتجينات.

Antigen

الأنتجين

الأنتجينات ، وتسمى أيضا مولدات المضاد ، أو المستضدات ، هى أية مادة ، التى عند دخولها للجسم ، تؤدى إلى حدوث مناعة مكتسبه ، وذلك بتكوين أجساما مضادة ، تدور مع الدم (استجابة مناعية بالأجسام المضادة) ، أو تؤدى ، إلى زيادة عدد الخلايا الليمفاوية المتخصصة (استجابة مناعية بواسطة الخلايا) ، وتتحد كلا من الأجسام المضادة ، أو الخلايا الليمفاوية ، بتخصص مع الأنتجين .

والمناعة المكتسبه بهذه الطريقة ، هى خط الدفاع الداخلى ، الأساسى ، لمقاومة الميكروبات المرضية ، إذ أنها ، هى التى تمكن الجسم ، من تميع الميكروب المهاجم ، ومعالجة نواتجه السامة .

وعسادة ماتؤخذ الأنتجينات ، بطريقة الحقن ، أى الوخز عن طريق الجلد ، ولاتؤخذ عن طريق الفم ، خوفا من إمتصاصها ، أو تأثرها بحموضة المعدة ، والإنزيمات المعوية ، وفقدائها بالتالى ، لتأثيرها المناعى .

خواص الأنتجيسن

لكى يكون للمادة خواصا أنتجينية ، فإنه يجب أن تكون

- مادة غريبة عن الجسم
- ذات وزن جزيئى مرتفع ، يزيد عادة عن ١٠ آلاف دالتون
- لها أكثر من مجموعة محددة لعملها ، لا يقل عن اثنين
- قابلة للذوبان فى بلازما الدم ، حتى تصل لمراكز تكوين الأجسام المضادة بالجسم

بعض الأنتجينات سكريات معقدة ، وإن كانت لاتعمل بمفردها ، مثل تلك المكونة لكابسول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، ولكن أغلب أنواع الأنتجينات، بروتينات . وهذا لايعنى أن كل البروتينات ذات خواص أنتجينية ، فالجيلاتين مثلا ، رغم أنه بروتين ، إلا أنه ليس أنتجيني ، لأنه ينقص تركيبه ، بعض الأحماض الأمينية العطرية ، كالتربتوفان ، والثيروسين ، الهامه لجعل البروتين أنتجيني .

قد يكون الأنتجين مادة ذائبة ، كالتوكسينات البكتيرية ، و سيروم الدم ، وقد يكون جزيئات كالفيروسات ، وخلايا البكتريا . وعادة ، فإن الأنتجينات التى على صورة جزيئات ، تكون أكبر تأثيرا من الناحية المناعية، من الأنتجينات الذائبة .

هناك بعض مواد ، غير أنتجينية ، تتركب من سكريات معقدة ، أو ليبيدات ، أو أحماض نووية ، تكون قادرة على الإتحاد مع الجسم المضاد ، ولكنها غير قادرة بمفردها على إنتاجه ، إلا بعد إتحادها مع البروتين . بمعنى أنه بإتحاد هذه المواد مع البروتين ، تصبح أنتجينية ، أى قادرة على تكوين الأجسام المضادة ، وتسمى هذه المواد أنتجينات غير كاملة ، أو مولدات مضاد غير كاملة ، أو هابتن *Incomplete antigens, Haptens* ، وذلك تمييزا لها عن الأنتجين الكامل *Complete antigen* ، القادر على إنتاج الأجسام المضادة ، وعلى الإتحاد معها .

قد تكون الأنتجينات غير الكاملة ، موادا معقدة التركيب ، ذات وزن جزيئى كبير ، مثل معقد سكريات كابسول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، أو قد تكون بسيطة التركيب ، ذات وزن جزيئى صغير ، مثل بعض العقاقير ، ومواد التجميل . وتوجد الأنتجينات غير الكاملة فى عدد كبير من البكتريا ، مثل

Streptococcus pneumoniae , *Shigella dysenteriae*

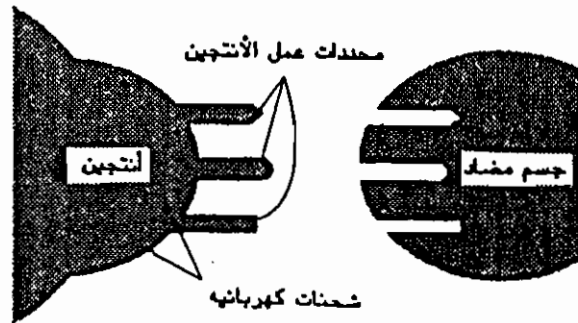
Antigenic determinants

محددات عمل الأنتجين

يوجد على سطح الأنتجين ، وأحيانا بداخله ، مجموعة أو أكثر من مراكز التفاعل *reactive sites* ، ذات وزن جزيئي منخفض ، حوالى ألف دالتون ، تسمى محددات عمل الأنتجين [شكل ٩ (٤) - ١] . وسميت كذلك، لأنها هي التى تحدد تخصص الأنتجين ، فى تفاعله مع الجسم المضاد .

ويختلف عدد المحددات ، بين أنتجين وآخر ، ففى بعضها ، يصل العدد إلى ألف أو أكثر ، وفى بعضها ، لايزيد عندها عن إثنين ، أو ثلاثة .

هذه المحددات ، هى أماكن تفاعل الأنتجين مع الجسم المضاد ، وإلى هذه المحددات ، يعود تخصص الأنتجين ، نتيجة للإختلاف فى تركيب هذه المحددات ، وفى عندها ، وفى شحناتها الكهربائية ، وفى مدى تطابق سطوح كل من الأنتجين ، والجسم المضاد .



شكل ٩ (٤) - ١ : رسم تخطيطى يوضح مراكز التفاعل بين الأنتجين والجسم المضاد .

ورغم أن أغلب الأنتجينات ، متخصصة في تفاعلاتها ، إلا أن بعضها ، قادر على تكوين أجسام مضادة ، تتفاعل مع خلايا ، وأنسجة كائنات عديدة ، وتسمى هذه الأنتجينات ، بالآنتجينات خلية الألفة *Heterophilic antigens* ، ومن أمثلتها ، أنتجينات فورسمان *Forssman^(*) group of antigens* ، التي توجد في كثير من أنواع البكتريا ، والنبات ، والحيوان ، وكذلك تفاعل التجمع ، الذي يحدث بين بكتريا *Proteus sp.* ، مع سيروم دم إنسان مصاب ، بركتسيا التيفوس .

Adjuvants

المساعدات

المساعدات ، مواد عندما تحقن بالجسم مع الأنتجين ، فإنها تساعد الأنتجين على زيادة إنتاجه من الأجسام المضادة . من أمثلة تلك المواد ، الشبه (كبريتات البوتاسيوم والألومنيوم) ، أملاح الألومنيوم ، الجينات الصوديوم *Alginate* ، الزيوت ، والتوكسينات الداخلية للبكتريا .

كما يستخدم بكثرة ، المادة المساعدة المسماة *Freund's adjuvant* ، في إنتاج الأجسام المضادة لبكتريا السل ، وهي مستحلب مائي لزيت معدني ، مخلوط مع بكتريا السل المقتولة بالحرارة .

(*) أول من اكتشف الأنتجينات خلية الألفة عام ١٩١١

الانتجينات الموجودة طبيعيا المهمة طبييا Naturally occurring antigens of medicinal interest

كثير من المواد لها خواص أنتجينية ، مثل البروتينات الغريبة عن الجسم ، كحبوب اللقاح وزلال البيض ، ولكن الانتجينات الهامة من الناحية الطبية ، هي تلك الموجودة طبيعيا ، بخلايا ، وأنسجة الإنسان ، وتلك الموجودة ، أو المنتجة ، بواسطة البكتريا ، والميكروبات الأخرى .

Antigens of human tissue antigens

توجد الانتجينات فى خلايا ، وأنسجة عديدة ، بجسم الإنسان ، فهى لاتوجد فقط فى كرات الدم الحمراء ، ولكن توجد أيضا ، فى خلايا أنسجة جسمية أخرى ، مثل الحيوانات المنوية ، والكبد ، والطحال ... الخ ، وفى سوائل جسمية مثل اللعاب ، والسائل المنوى ، وعصارات المعدة ... الخ .

Antigens of blood groups

درس بعناية ، الانتجينات الموجودة فى كرات دم الإنسان الحمراء ، وهى من صفاته الوراثية ، التى تخضع لقوانين مندل الوراثية ، ووجد أن هذه الانتجينات ، تتضمن المجاميع التالية

ABO , M , N , Ss , P and Rh

وتعتبر مجموعة ABO ، أهم هذه المجاميع ، وهى خاصة بمجاميع (فصائل) الدم Blood group ، أما باقى المجاميع الأنتجينية ، فقد تكون خاصة بنواحى أخرى مثل الحمل ، وإختبارات الأبوة Paternity tests ... الخ .

توجد أنتجينات A , B , AB , O ، فى كرات الدم الحمراء للأفراد ، ولكل فرد مجموعة الأنتجينية المميزة [جدول ٩ (٤) - ١] ، وتتفاعل أنتجينات شخص ما ، مع الأجسام المضادة المماثلة Iso - antibodies الموجودة بشخص آخر . مسببة حالة تجمع . ويجب أن يراعى هذا ، عند عمليات نقل الدم .

مثالا على ذلك ، فإن أفراد مجموعة دم A ، لديهم أنتجين A بكرات الدم الحمراء ، ولديهم الجسم المضاد Anti - B بسيروم الدم ، بينما أفراد مجموعة دم B ، لديهم أنتجين B بكرات الدم الحمراء ، ولديهم بسيروم الدم أجسام مضادة anti - A ... وهكذا ، لذا ، لا يصلح دم مجموعة A ، لنقله إلى دم مجموعة B .

ولذلك ، ففى عمليات نقل الدم ، يفضل أن ينقل الدم ، من نفس المجموعة ، فإن لم يتوفر ، فيكون من المجموعة "O" ، الذى يطلق عليه معطى عام Universal donor .

جدول ٩ (٤) - ١ : الأنتجينات ، والأجسام المضادة المماثلة ، الخاصة بمجاميع الدم ABO

مجموعة الدم Blood group	النسبة المئوية فى دم البالغ	الأنتجين الموجود ^(١) بكرات الدم الحمراء Antigen	الأجسام المضادة المماثلة ^(٢) الموجودة بسيروم الدم Iso antibody
A	٣٩	A	Anti - B
B	١٢	B	Anti - A
AB	٤	AB	لا يوجد
O	٤٥	لا يوجد	Anti - A + Anti - B

^(١) تقسم أنتجينات مجاميع الدم ، إلى مجاميع تحت فرعية ، حسب خواصها الأنتجينية ، مثلا ، أنتجين مجموعة دم A ، تقسم إلى A₁ A₂ , A₂ , A₁ ... ، وهكذا فى باقى المجاميع .

^(٢) الأجسام المضادة المماثلة . هى أجسام مضادة ، توجد فى بعض الأشخاص (أى فى أفراد من نفس النوع ، Same species) ، تستطيع أن تتفاعل مع الأنتجين الموجود بأفراد آخرين ، من نفس النوع .

أنتجينات ريسوس Rh - antigens

أنتجينات $Rh^{(1)}$ ، حوالى ستة أنواع ، وهى نظام من نظم أنتجينات مجاميع الدم ، التى توجد بكرات الدم الحمراء ، وهى توجد فيما يزيد عن ٨٠٪ من الأفراد ، ويعرفون بأنهم $Rh +$.

ولهذا النظام الأنتجيني ، أهمية طبية فى عمليات نقل الدم ، وفى الحمل . فإذا كان هذا الأنتجين موجود فى أحد الأبوين ، وغير موجود فى الآخر ، فإن الجنين الناتج بالحمل ، قد يصاب بمرض تحلل خلايا كرات الدم الحمراء الجنينى $Erythro\ blastosis\ fetalis^{(2)}$ ، الذى يؤدى كثيرا إلى وفاة الجنين ، مالم يعالج .

أنتجينات التوافق النسيجي Histo compatibility antigens

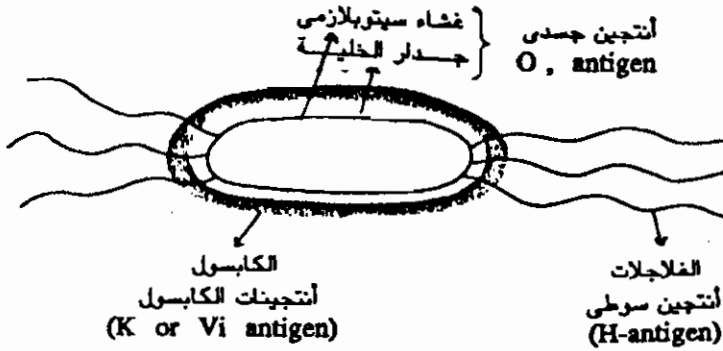
توجد هذه الأنتجينات بالأنسجة ، وهى تعمل على رفض الأنسجة المزروعة بجسم العائل ، الغير متوافقة معه .

الانتجينات البكتيرية والفيروسية

الخلية البكتيرية ، بحكم تركيبها ، ذات أنتجينات متعددة . وهذه الأنتجينات البكتيرية ، إما أن تفرز خارج خلية البكتريا ، كإنزيمات ، أو توكسينات خارجية ، أو توجد بداخلها ، مكونة لأحد مكوناتها ، الداخلة فى تركيبها الخلوى [شكل ٩ (٤) - ٢] .

(١) تعود التسمية Rh ، إلى قرود ريسوس $Rhesus\ monkeys$ ، التى اكتشف بكرات دمها الحمراء هذا الأنتجين ، عام ١٩٤٠ .

(٢) مرض آرام الحمر الجنينى - ترجمة المجمع اللغوى ، أى مرض تفتت كرات الدم الحمراء بالجنين .



شكل ٩ (٤) - ٢: الأنتجينات الداخلة بتركيب بكتريا سالبة لصبغة جرام ، مثل السالمونيلا .

ومن حيث الأنتجينات الداخلة في التركيب الخلوي ، نجد أن للجراثيم البكتيرية خواص أنتجينية ، تختلف عن تلك الخاصة بالخلية الخضرية التي نتجت منها ، ونجد أن السكريات المعقدة لكابسول بكتريا الإلتهاب الرئوي ، لها خواص أنتجينية (Capsular antigen , C - antigen) ، وكذلك يوجد أنتجينات K & Vi في كابسول بكتريا السالمونيلا .

كما أن للفلاجيلات البكتيرية خواص أنتجينية ، وتسمى بالأنتجين السوطي Flagellar antigen , H - antigen ، كما في بكتريا السالمونيلا ، وهي تتتركب من مواد بروتينية تسمى فلاجيلين Flagellin .

ويوجد ما يسمى بالأنتجين الجسدي Somatic antigen , O - antigen ، وموقعه في أغلفة البكتريا الخارجية (الجدار ، والغشاء السيتوبلازمي) . كما يوجد توكسين داخلي بالبكتريا المعوية السالبة لصبغة جرام ، له خواص أنتجينية ، ويتتركب من السكريات ، والفوسفوليبيد ، والبروتين Polysaccharide - phospholipid - protein complex

وتعود سمية هذه الأنتجينات الجسدية ، إلى جزئها المكون من السكريات المعقدة والليبيدات ، أما خواصها السيروولوجية ، فتعود إلى جزئها البروتيني .

تختلف خواص الأنتجينات ، الداخلة في تركيب الخلية البكتيرية ، عن بعضها ، وجدول [٩ (٤) - ٢] ، يوضح بعض الاختلافات الموجودة بين أنتجينات H , O , Vi ، في بكتريا السالمونيلا . وبمعرفة هذه الاختلافات ، يمكن إختيار الطريقة المناسبة ، لتحضير معلقات الأنتجينات ، لإجراء إختبارات التجمع .-

جدول ٩ (٤) - ٢: بعض خواص أنتجينات H , O , Vi في بكتريا السالمونيلا

العامل المؤثر	أنتجين H (١)	أنتجين O (٢)	أنتجين Vi (٣)
الحرارة	حساس للحرارة يتلف عند ٨٠-١٠٠°م	يتحمل الحرارة لمدة ٣٠ ق على درجة ١٠٠°م	حساس للحرارة
الفيثول والكحول الغروم-الدهيد إختصار التجمع تحضير معلق الأنتجين	يتلف يثبط إختصار التجمع يحدث بسرعة بالفيثول ، وبالمعاملة بالحرارة على ٥٠°م لمدة ساعة	لايتلف لايثبط إختصار التجمع يحدث ببطء بالفروم-الين	يتلف بالفيثول، ولايتأثر بالكحول يثبط إختصار التجمع جزئيا يحدث ببطء ، ويحتاج لطرق خاصة بالزرع المتكرر

(١) يعود لفظ H ، إلى الكلمة الألمانية Hauch ، التي تعني نمو كالضباب ، تغيرا عن طبيعة نمو البكتريا المتحركة بالغلاجلات ، وانتشارها على سطح الأجار

(٢) يعود لفظ O ، إلى التعبير الألماني ohne hauch ، الذي يعني عدم وجود نمو كالضباب ، بسبب عدم انتشار البكتريا على سطح الأجار ، لأنها غير متحركة ، أي عديمة الغلاجلات

(٣) Vi ، هي إختصار Virulence ، في سلالات السالمونيلا ، شديدة العدوى ويرجع أنتجين Vi ، في سلالات السالمونيلا ،

وللفيروسات خواص أنتجينية ، وذلك بحكم تركيبها البروتيني والذوي ، وتتكون الأنتجينات الفيروسية أساسا ، من مواد بروتينية ، وإن كان في بعض الحالات ، تتكون من ليبوبروتين ، أو جليكوبروتين .

تستخدم الأنتجينات الداخلة في تركيب الخلية ، للتمييز السيروولوجي بين السلالات ، التابعه للنوع الواحد ، كإستخدام الأنتجينات السوطية H - antigens ، لتمييز السلالات السيروولوجية Serotypes , Serovar التابعة للنوع *Salmonella typhi* ، وكإستخدام أنتجينات كابسول بكتريا الإلتهاب الرئوي ، للتمييز بين الأنماط types ، التي تصل لأكثر من ٨٠ نمطا ، في بكتريا الإلتهاب الرئوي .

اللقاحات (الفاكسينات) Vaccines

تحضر اللقاحات من الأنتجينات ، فاللقاحات هي معلمات مزرعية من ميكروبات مقتولة Killed ، أو من ميكروبات موهنة Attenuated ، أي ذات قدرة مخففة للعدوى ، أو من نواتج للميكروبات ، كالسموم .

وتستعمل اللقاحات كأنتجينات ، لإنتاج مناعة بالعائل ضد ميكروب معين ، مثالا على ذلك ، إستخدام لقاح بكتريا التيفود ، الذي يتكون من خلايا بكتريا *Salmonella typhi* المقتولة ، وإستخدام مضادات السموم ، وكذلك لقاحات التوكسويد ، وهي توكسينات بكتيرية ، عوملت بالحرارة أو بمواد كيميائية ، ففقدت قدرتها على إحداث التسمم ، دون أن تفقد خواصها الأنتجينية [جدول ٩ (٤) - ٣] .

قد يحضر اللقاح من نوع واحد من الميكروبات ، وقد يحضر من أكثر من نوع من الميكروبات ، وهذا يسمى لقاح مختلط Mixed vaccine ، مثل لقاح بكتريا السعال الديكي ، مع توكسويد الدفتريا ، والتتانوس .

جدول ٩ (٤) - ٣: أنواع اللقاحات

لقاح	لقاح حي موهن أى ذا فترة مخففة للعبوى	لقاح مقتول
فيروس	جلدى حصبة حمى صفراء سعار (للحيوانات) شلل أطفال (سابين بالفم) نكاف	أنفلونزا سعار (للإنسان) شلل أطفال (سولك) بالحقن
بكتريا	BCG ^(٢) بروسيل	تيفود ^(٣) تيفوس سعال ديكى كوليرا
(١)توكسويدات بكتريا	تتانوس دفترى	

(١) التوكسويد ناتج من التوكسين المعامل بالفورمالدهيد

(٢) سلالة من بكتريا السل ، تسمى BCG , *Bacillus of Calmette - Guerin* ، مسببه للسل البقرى ، موهنة بالزرع طويلا بالمزارع الصناعية ، المحتوية على أملاح الصفراء ، وتستخدم لتحصين الإنسان ضد السل ، وتعود التسمية ، إلى إسمى مكتشفى طريقة التحصين بتلك السلالة

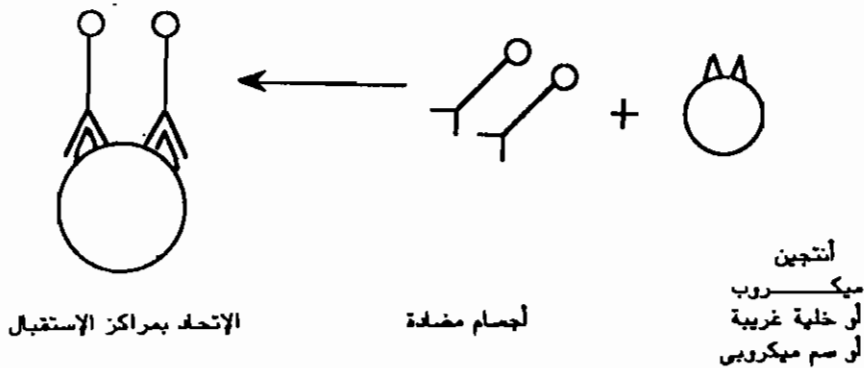
(٣) البكتريا مقتولة بالحرارة ، على درجة ٦٠°م لمدة ٣٠ ق

وقد يحضر اللقاح من عدة سلالات ، لنوع واحد من الميكروبات ، مثل لقاح البكتريا السبحية ، ويسمى هذا النوع ، لقاح متعدد التكافؤ . Polyvalent vaccine

وعادة ، ماتحضر اللقاحات بالمعمل ، من مزارع مخزنة Stock cultures ، لإنتاج لقاحات مخزنة Stock vaccines .

الأجسام المضادة Antibodies.

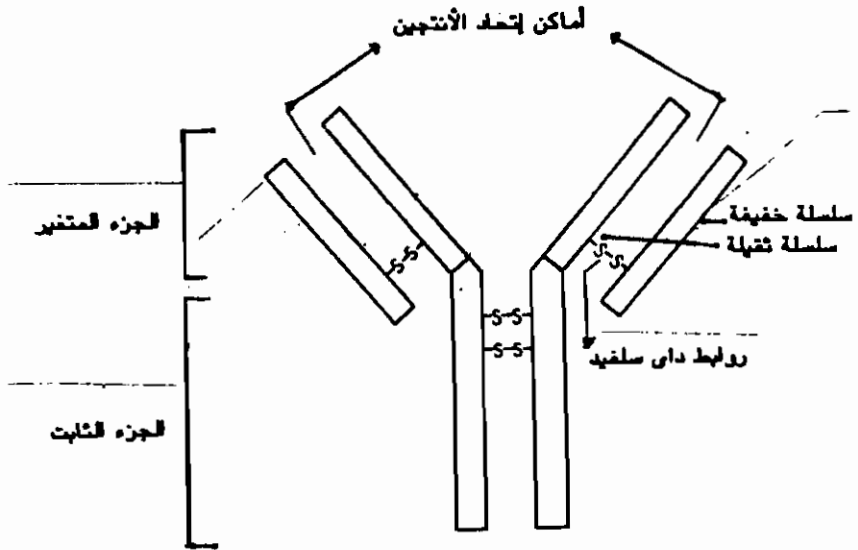
الأجسام المضادة ، مواد متخصصة يكونها الجسم ، إستجابة لحدث أنتجيني ، وتتفاعل بتخصص مع الأنتجين ، عن طريق مجموعة من مراكز التفاعل [انظر الشكل التخطيطي (٩) - ٣] . وتتكون الأجسام المضادة أساسا فى نخاع العظام ، والعقد الليمفاوية ، والطحال ، استجابة للحدث الأنتجيني .



شكل ٩ (٤) - ٣ : شكل تخطيطي يوضح اتحاد الجسم المضاد مع الأنتجين بمراكز الإستقبال المتخصصة

تركيب الجسم المضاد

تنتمي كل الأجسام المضادة ، إلى نوع من بروتينات سيروم الدم ، يسمى جلوبيولين (انظر موضوع الدم ، ص ص ٢٢٨ - ٢٢٣) ، ولذلك تسمى الأجسام المضادة ، بإسم الجلوبيولينات المناعية *Immunoglobulins* , Ig . ويتركب جزيء بروتين الجلوبيولين المناعي ، من زوجين من السلاسل الببتيدية ، مرتبطة مع بعضها بالتوازي ، بروابط داي سلفيد -S-S- . ويوجد بكل زوج ، سلسلة ذات وزن جزيئي صغير ، حوالي ٢٥ ألف دالتون ، وتسمى سلسلة خفيفة *Light chain* , L ، وسلسلة أخرى ذات وزن جزيئي كبير ، حوالي ٥٥ ألف دالتون ، وتسمى سلسلة ثقيلة *Heavy chain* , H . [شكل ٩ (٤) - ٤] .



شكل ٩ (٤) - ٤ : جزيء الجلوبيولين المناعي ، وهو عبارة عن زوجين من السلاسل الببتيدية

- لاحظ أن : - بكل زوج سلسلة خفيفة وسلسلة ثقيلة ، مرتبطة مع بعضها بروابط داي سلفيد
- طرف السلاسل متغير للتركيب ، وباقي السلاسل ثابت بالنسبة للنوع

السلسلة الثقيلة ، هي التي تحدد نوع الجلوبيولين المناعى ، ويعود ذلك ، إلى نظام تركيب السلسلة من الأحماض الأمينية (العدد ، النوع ، وطريقة التتابع) ، الذى يختلف من نوع مناعى لآخر .

الجزء الطرفى ، فى كل من السلسلتين ، الخفيفة والثقيلة ، متغير التركيب ، وإليه يعود التخصص ، فهو مكان اتحاد الأنتجين بالجسم المضاد .
Antigen combining site

أما الجزء الباقى من السلسلتين ، فتركيبه ثابت فى النوع المناعى الواحد ، وهو الذى يحدد الدور البيولوجى لنوع المضاد ، وفى ذلك ، يتشابه الجسم المضاد ، مع الإنزيم الكامل ، الذى يتركب من قرين الإنزيم Co-enzyme ، الذى يرتبط بالمجموعة المميزة للتفاعل ، وصميم الإنزيم Apoenzyme ، الذى يرتبط بمادة التفاعل Substrate .

Combining sites

أماكن الاتحاد بالجسم المضاد

تسمى أماكن تفاعل الجسم المضاد ، التى تتحد بالآنتجين ، أماكن تكافؤ الجسم المضاد Valency of antibody ، وعددها واحد monovalent ، أو اثنين divalent وهو الغالب ، وهذا بعكس الأنتجين ، المتعدد التكافؤ multivalent .

ويبدأ التفاعل ، بين الأنتجين والجسم المضاد ، بإمصاص أحدهما على سطح الآخر ، ثم ترتبط مراكز التفاعل بينهما ، بروابط أيونية ، أو إيدروجينية ، أو قطبية ، أو فان در فالس ، وهذه أضعفها .

ويتم الاتحاد بين الأنتجين والجسم المضاد بسرعة ، عادة فى دقائق، ولكن عمليات التجمع ، والترسيب الكاملة ، تحتاج لفترة أطول ، حتى تتم .

Classes of antibodies

أنواع الأجسام المضادة

يوجد خمسة أنواع من الجلوبيولين المناعى (Ig) ، هى

Ig G , Ig M , Ig A , Ig D and Ig E

وتوجد الخمسة أنواع ، فى جميع الأفراد العاديين ، ولكن بكميات مختلفة ، وهى تختلف عن بعضها ، كما ذكر سابقا ، فى تركيبها ، وفى عملها ، حسب نظام تركيب السلاسل الببتيدية ، من الأحماض الأمينية ، بكل نوع .

وجداول (٤)٩ - ٤ ، يوضح أنواع الجلوبيولينات المناعية ، وأهم خواصها .

Allergy , hypersensitivity

الحساسية

الحساسية ، نوع من أنواع تفاعلات الأنجين والجسم المضاد ، التى تتميز بحدوث إستجابات فسيولوجية زائدة ، تظهر على الشخص الحساس ، بسبب مادة غريبة مولدة للحساسية ، تسمى أليرجن Allergen ، وهذه المادة قد تكون بروتينية ، أو غير بروتينية .

ومظاهر الحساسية متعددة ، تتوقف على نوع وكمية الأليرجين ، ومنفذ دخوله الجسم (استنشاق ، بلع ، حقن ، ملامسة للجلد ...) ، وطبيعة الجسم المناعى المتفاعل مع الأليرجين ، ونوع النسيج المصاب ، ومكان حدوث الحساسية . ولذا ، فقد تظهر الحساسية على الجلد ، أو بالجهاز التنفسى ، أو الهضمى .

وتفاعلات الحساسية عدة أنواع ، أهمها الحساسية المبكرة ، والحساسية المتأخرة .

جدول ٩ (٤) - ٤ : أنواع الجلوبيولينات المناعية وأهم خواصها

نوع الجلوبيولين المناعي	الوزن الجزيئي	نسبته في سيروم الدم بالنسبة للجلوبيولينات المناعية	وظيفته
1g — G	١٥٠ ألف	- أكثر الأنواع وجودا بالدم - يكون حوالي ٧٠٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يساعد على عملية الالتصاق - خط الدفاع الأساسي للجنين في أسبوعه الأولي ، لأنه ينتقل من الأم إلى الجنين خلال المشيمة ، ويتقل من الأم إلى المولود مع اللبن
1g M	٩٠٠ ألف	- أكبر الأنواع حجما - يكون حوالي ٩٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يسبب تجمع الميكروبات وإزالة الخلايا - فعال ضد الفيروسات والبكتريا - خط الدفاع الأول ضد البكتيريا (بكتريا الدم)
1g A	١٦٠ ألف بالسيروم ٣٧٠ ألف بالإفرازات	- يوجد بالسيروم - ويوجد أيضا في إفرازات الجسم كالدموع واللعاب والبول ، ولبن السرسوب - يكون حوالي ١٠٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يحمي الجنين ، والمولود الجديد - يحمي أجزاء الجسم الخارجية من العدوى

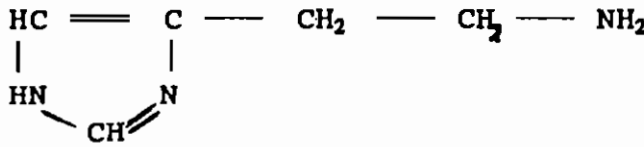
تابع جدول ٩ (٤) - ٤ :

وظيفته	نسبته في سيرورم الدم بالنسبة للجلوبيولينات المناعية	الوزن الجزيئي	نوع الجلوبيولين المناعي
<ul style="list-style-type: none"> - يقوم بتنظيم تكوين الجلوبيولينات المناعية الأخرى 	<ul style="list-style-type: none"> - يكون حوالي ١٪ من الجلوبيولينات المناعية 	١٨٠ ألف	Ig D
<ul style="list-style-type: none"> - يسبب الحساسية عند اتحاده بالانتجين 	<ul style="list-style-type: none"> - يكون حوالي ٠,٠٠٢ ٪ من الجلوبيولينات المناعية 	١٨٥ ألف	Ig E

Early hypersensitivity

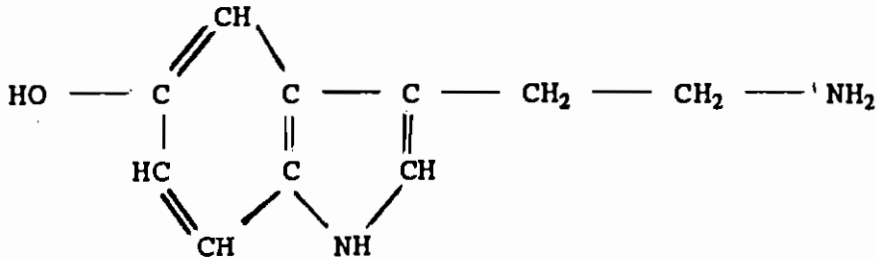
الحساسية المبكرة

تظهر الحساسية المبكرة بسرعة ، على الشخص المتأثر ، بعد عدة دقائق ، وقد تصل لعدة ساعات ، وذلك بعد إتحاد البروتين المناعي Ig E مع الأليرجين ، مثل حبوب اللقاح ، بعض الأدوية ، بعض الأغذية ، بعض مستحضرات التجميل ، تراب المنازل ، الفطريات ... الخ .
ونتيجة لإتحاد البروتين المناعي Ig E مع الأليرجين ، تنشط كرات الدم البيضاء ، المحبة للصبغات القاعدية ، وتتجمع في الأنسجة المتأثرة ، وتحدث تفاعلات حساسية ، وتفرز موادا مثل الهستامين Histamine ، والسيروتونين Serotonin وما شابه ، تسبب ظهور أعراض الحساسية .



Histamine

الهستامين



Serotonin

السيروتونين

قد تظهر أعراض الحساسية المبكرة ، بشكل مخفف على الشخص ، كما يحدث للأفراد الحساسين ، لبعض المواد الغريبة عن الجسم ، مثل حبوب اللقاح ، والتراب ، وبعض الروائح .

وتظهر الحساسية المبكرة الخفيفة ، فى صورة عطس ، وسعال ، ورشح من الأنف ، وبموج من العين ، وإلتهابات جلدية محلية ، وغالبا ماتزول تلك الأعراض سريعا ، بعد زوال السبب .

وقد تظهر أعراض الحساسيه المبكرة ، بأعراض خطيرة ، كما فى حالة الحساسية من بعض العقاقير ، مثل البنسلين ، وتسمى صدمة فرط حساسية Anaphylaxis shock ، وهذه ، تختلف عن الحساسية Allergy ، فى شدتها ، وليس فى نوعها .

تظهر أعراض فرط الحساسية ، على الشخص المتأثر بسرعة ، قد تكون فى خلال دقائق ، مسببة حالة حساسية عامة بالجسم ، من مظاهرها حدوث تهيج وطفح بالجلد ، وإحمرار وأرتكاريات وهرش ، وإنتفاخات (بسبب رشح الدم وسوائل الجسم بالأنسجة) ، وقد تحدث صعوبات بالتنفس ، وأنقباض فى القصبات الهوائية ، وانخفاض فى ضغط الدم . وإذا كانت جرعة الأليرجين كبيرة ، فقد تؤدى حالة فرط الحساسية إلى الموت ، إذا لم تعالج سريعا .

ونظرا لأن أعراض الحساسية المبكرة ، المخففة أو الشديدة ، تسببها موادا مثل الهيستامين ، فإنه يستعمل لعلاجها عقاقير مضادات الهيستامين Anti histaminic drugs ، مثل الأنتستين Antistine ، والإفدرين Ephedrine .

Delayed hypersensitivity

الحساسية المتأخرة

تظهر الحساسية المتأخرة ، على الشخص المتأثر ، بعد يوم إلى عدة أيام ، من إتحاد خلايا ليمف T (وليس البروتين المناعي Ig B كما فى الحساسية المبكرة) ، مع الأليرجين . وهذا الأليرجين ، غالبا مايكون مركبات خلوية ، من الليبيدات أو الليبوبروتين . ونتيجة لذلك الإتحاد ، يحدث تحللا للخلايا الحساسة ، وإفرازا لمادة الليمفوكين الذائبة Lymphokine .

وتظهر الحساسية المتأخرة ، فى صورة إنتفاخات جامدة بالجلد ، وقد يحدث موتا لبعض الخلايا (نخر Necrosis) .
ومن أنواع الحساسية المتأخرة ، مايعرف بحساسية الملامسة Contact ، التى تظهر كحساسية على الجلد ، بعد فترة من ملامسة الجلد ، لبعض الكيماويات أو المعادن ، وامتصاصها ، واتحادها ، مع خلايا ليمف T.

خلايا ليمف T ، التى تسبب تلك الحساسية المتأخرة ، لها سطوح إستقبال ، تعمل كأجسام مضادة ، وعندما تتحد بالأليرجين المتخصص ، وفى وجود الصفائح الدموية ، فإن خلايا T تنشط ، وتفرز موادا سامة للخلايا ، تسبب موتها Cytotoxic . وهذا النوع من الحساسية ، لايتأثر بمضادات الهستامين .

عموما ، يمكن التعرف على مسببات الحساسية ، بإجراء إختبارات جلدية على المريض، لتحديد حساسيته أو مناعته ، لبعض المسببات ، ويمكن الرجوع إلى تفاصيل ذلك ، فى مراجع العملى المتخصصة .

الأسماء الوظيفية للأجسام المضادة

Functional names of antibodies

فى وجود اليكتروليتات ، مثل كلوريدات Na^+ ، أو Mg^{2+} ، أو Ca^{2+} ، تتفاعل الأجسام المضادة بتخصص ، مع الميكروبات ، ومع نواتج الميكروبات مثل التوكسينات ، ولذلك فإن الأجسام المضادة ، تستخدم فى علاج العدوى ، الناتجة من تلك العوامل المرضية ، وتستعمل أيضا ، فى وقاية الجسم من تلك العوامل ، وفى التشخيص السيروولوجى .

وتعطى الأجسام المضادة مسميات ، تصف نوع التفاعل الذى تجربة مع الأنتجين ، سواء أتم هذا التفاعل فى الجسم الحى In vivo ، أو فى المعمل بأنابيب الإختبار In vitro ، ومن هذه المسميات

١- المجمعات (الملزونات) Agglutinins

وهى الأجسام المضادة ، التى تسبب تجمع agglutination الميكروبات المتخصصة معها .

٢- المرسبات Precipitins

وهى الأجسام المضادة ، التى تسبب ترسيب Precipitation مستخلصات الخلايا البكتيرية ، أو الأنتجينات الذائبة ، المتخصصة معها .

٣- المحللات Lysins

وهى الأجسام المضادة ، التى تسبب تحلل الخلايا البكتيرية Cell lysis ، الحساسة لها .

٤- المكملات Complement

وهى الأجسام المضادة ، التى تشارك فى تكملة تفاعلات الأنتجين بالأجسام المضادة (راجع ص ٣٢٧) ، فتساعد على الإلتقام ، وعلى تحلل الأنتجين ، وغيرها من التفاعلات المناعية .
وقد ينتج من ربط المكمل بالأنتجين والجسم المضاد ، تثبيت المكمل Complement fixation ، وبذلك يصبح المكمل ، غير ميسر لتفاعلات تالية .

٥- الطاهيات **Opsonins**

وهي الأجسام المضادة ، التي تتحد مع الميكروبات ، فتسهل عملية لقمها (بلعها) opsonization ، بواسطة الخلايا الملتزمة .

٦- مضادات السموم **Antitoxins**

وهي الأجسام المضادة ، التي تتحد مع السموم المتخصصة لها ، وتعادلها ، Neutralizing of toxins ، فتفقد تأثيرها ، دون أن يتلف أيًا منهما .

وتحضر مضادات السموم ، بحقن الحيوان بالسم ، بكميات متدرجه في الزيادة ، وبعد أن تتكون كمية كافية من الأجسام المضادة ، بسيروم دم الحيوان ، يسحب جزء مناسب من الدم ، ويخثر ، ويترك فترة لينفصل السيروم من الجزء المتخثر ، ويحتوى السيروم المفصول من الخثرة ، على مضادات السموم .

٧- مضادات الفيروسات **Antiviral antibodies**

وهي الأجسام المضادة ، التي تتحد مع الفيروسات ، وتعادلها ، فتوقف تأثيرها ، وتسمى بالأجسام المضادة للفيروسات .

ويحدث تعادل السموم أو الفيروسات ، بالمضادات ، نتيجة لإتحاد المضادات ، بالأنتجين ، وربطها لمراكز التفاعل ، الموجودة على سطح الأنتجين . وبذلك توقف السم ، أو الفيروس ، عن القيام بعمله ، وعن إحداثه للتأثيرات الخاصة به .

إستخدام تفاعلات الأنتجين ، والأجسام المضادة ، فى التشخيص
السيرولوجى

Diagnostic applications of antigen - antibody reactions , Serodiagnosis

لايمكن رؤية الأجسام المضادة بالعين المجردة ، ولكن يمكن التعرف عليها ، من التفاعلات التى تتم بينها ، وبين الأنتجين الذى أنتجها .

وتجرى هذه الإختبارات بالمعمل ، وتسمى إختبارات سيروولوجية Serological reactions ، ومن نتائجها ، التى يسهل مشاهدتها وتتبعها ، التمكن من الحكم ، بوجود أو عدم وجود ، أجسام مضادة بسيروم الدم .

من هذه الإختبارات : التجمع ، الترسيب ، تحلل الخلايا ، تفاعلات المكملات ، تسهيل الإلتقام ، معادلة السموم الميكروبية ، ومعادلة الفيروسات .

وكما ذكر سابقا ، فإن الأجسام المضادة ، تسمى حسب نوع التفاعل الذى تجربيه مع الانتجين ، فتسمى : مجمعات ، مرسبات ، محلات ، مكملات ، طاهيات ، مضادات للسموم ، والفيروسات .

ونظرا لأن التفاعل بين الانتجين والجسم المضاد ، تفاعل متخصص ، فإن وجود أى من المكونين بسيروم الدم ، دليل على وجود المكون الآخر .

Antiserum titer

عيار (تتر) السيروم المضاد

عقب دخول الانتجين الجسم لأول مرة ، تمضى فترة حث Induction period ، حوالى ٥ - ٧ أيام ، يبدأ بعدها ظهور الأجسام المضادة بالدم ، وتصل كمية الأجسام المضادة بالدم إلى أقصاها ، خلال أسبوعين ، ثم تقل الكمية تدريجيا ، لتصل لأدناها بعد ١ - ٢ شهر .

ويؤثر على معدل تكوين الأجسام المضادة بالجسم ، طبيعة الانتجين ، والجرعة المأخوذة منه ، وطريقة أخذ اللقاح ، وفى هذا الخصوص ، فإن أخذ اللقاح بالحقن ، يكون أكثر تأثيرا ، على زيادة إنتاج الأجسام المضادة ، من أخذ اللقاح عن طريق الفم .

ويمكن بتجربة معملية ، معرفة تركيز الأجسام المضادة بالانتسيروم ، وهو ما يعرف بالعيار أو التتر Antiserum titer ، وهذا يعبر عن كمية الأجسام المضادة ، الموجودة فى حجم معلوم ، من السيروم المضاد .

ويتم ذلك بعمل تخفيفات متتالية ، من السيروم المضاد بأنابيب إختبار ، بمحلول الملح الفسيولوجى (١ : ١٠ ، ١ : ٢٥ ، ١ : ٥٠ ، ١ : ٧٥ ، ...)

ويضاف لكل تخفيف ، كمية معلومة من الأنسجين ، وبعد التحضين لمدة ليلة ، على درجة ٣٧°م ، يختبر للتجمع بالفحص البصري ، ويقدر العيار .

وعيار السيروم المضاد ، هو مقلوب أكبر تخفيف من السيروم المضاد ، أحدث تجمعاً لكمية معلومة من الأنسجين . فعلى سبيل المثال ، إذا كان تخفيف ١ : ٧٥ ، وليس ١ : ١٠٠ ، من السيروم المضاد ، هو الذى أحدث تجمعاً للأنسجين ، فإن عيار (نتر) السيروم المضاد ، هو ٧٥ .
وكلما زاد رقم النتر ، كلما دل ذلك ، على زيادة تركيز الأجسام المضادة ، بالسيروم المضاد .

الإختبارات السيروولوجية Serological tests

يسمى العلم الذى يتعلق بدراسة الأجسام المضادة ، الموجودة بسيروم الدم ، وتفاعلاتها مع الأنسجين بالمعمل ، بعلم السيروولوجى Serology ، وتستخدم حالياً الإختبارات السيروولوجية ، بكثرة ، لأغراض متعددة ، منها التعريف السيروولوجى للميكروبات ، ودراسة تكويناتها الأنسجينية والتعرف عليها ، وقياس الإستجابات المناعية ، والتشخيص السيروولوجى المعملى للأمراض المعدية ، وكذلك فى الدراسات الخاصة بعلم الدم Hematology .

وقد تطورت الإختبارات السيروولوجية ، بإستخدام طرق حديثة ، منها إستخدام الصبغات الفلوروسنتية ، والنظائر المشعة ، والإنزيمات ... وغيرها من الطرق .

ويمكن الرجوع إلى التفصيلات الخاصة ، بالطرق العملية للإختبارات السيروولوجية ، فى أحد المراجع المتخصصة مثل

Rose N.R. and H. Friedman (eds.), (1980). Manual of clinical immunology American Society for Microbiology , Washington , D.C.

References

مراجع هذا الفصل ، هى نفس مراجع الفصل السابق (التاسع - ثالثاً).

الفصل التاسع خامساً

بعض الأمراض الميكروبية التي تصيب الإنسان

- طرق دراسة دور الميكروبات المرضية
- الأمراض التي تنتقل عن طريق الهواء
- الأمراض التي تنتقل عن طريق الأغذية والمياه
- الأمراض المنقولة بالمخالطة أو بالإحتكاك المباشر
 - بالإتصال الجنسي [جدول ٩ (٥) - ٥]
 - عن غير طريق الجنس [جدول ٩ (٥) - ٦]
- عدوى الجروح
- الأمراض التي تنتقل عن طريق مفصليات الأرجل
 - ناتجة عن بكتريا [جدول ٩ (٥) - ٨]
 - ناتجة عن ريكتسيا
 - ناتجة عن بروتوزوا
 - ناتجة عن فيروسات [جدول ٩ (٥) - ١١]
- الأمراض التي تسببها الكلاميديا
- بعض الأمراض الأخرى الهامة المنقولة
 - الإلتهابات المعوية الناتجة عن *E. coli*
 - الجذام
 - الإلتهاب الكبدي الفيروسي
 - الإيدز
 - تسوس الأسنان
- الأمراض الفطرية
 - الأمراض الفطرية الجلدية
 - الأمراض الفطرية التي تصيب تحت الجلد
 - الأمراض الفطرية الجهازية (المتعمقة)
 - التسممات الفطرية
- مراجع للفصل التاسع - خامساً

الفصل التاسع - خامسا

بعض الأمراض الميكروبية التى تصيب الإنسان Some human microbial diseases

طرق دراسة دور الميكروبات المرضية

يمكن ، بأكثر من طريقة ، دراسة دور الميكروبات فى عملية الأمراض

- فقد تتم الدراسة ، عن طريق العضو المريض Organ - system approach ، حيث يتم دراسة الميكروبات المرتبطة بأمراض كل عضو .
وتفيد هذه الدراسة ، الطبيب المعالج .

- أو تتم الدراسة ، عن طريق التشخيص الميكروبيولوجى
Diagnostic - microbiology approach

حيث يتم زراعة وتشخيص كل الميكروبات ، الموجودة بعينة الفحص .
وتفيد هذه الدراسة ، إخصائى التحاليل الطبية

- أو تتم الدراسة ، عن طريق تصنيف الميكروبات
Taxonomy approach

حيث يتم بدراسة تصنيفية ، التعرف على كل مايتعلق بنوع الكائن
الممرض species ، التابع لجنس معين Genus .
وتفيد هذه الدراسة ، دارسى علم الميكروبيولوجى

- أو تتم الدراسة ، حسب العوامل التى تنتقل المسببات المرضية
Transmission of pathogens approach

مثل دراسة الأمراض ، التى تنتقل عن طريق الهواء ، وتلك التى تنتقل عن طريق الغذاء ... وهكذا بالنسبة لباقى العوامل . وفى هذه الدراسة ، يتم

تجميع الأنواع الميكروبية الممرضة المتشابهة ، بيئيا ، مع بعضها .
وتفيد هذه الدراسة ، فى تفهم ظروف الوسط ، ومعرفة طبيعة المرض،
وطرق الوقاية منه .

ويتوقف إستمرار بقاء الميكروب الممرض حيا ، على إنتقاله من فرد
لآخر ، وهنا نجد أن لكل مجموعة ميكروبية ممرضة ، خواصها المميزة ، من
حيث منافذ الخروج من الإنسان المريض Portal of exit ، وطرق الإنتقال
Mode of transmission ، ومنافذ الدخول إلى العائل Portal of entry ، وذلك
لإختلاف طبيعة الميكروب .

عموما ، تنتقل أغلب الميكروبات المرضية إلى المريض ، بطريق مباشر
أو غير مباشر ، من خارج المريض ، أى من الوسط المحيط به ، مثل الهواء
والماء ، والتربة ، والأغذية ، والمستشفيات ، ومفصليات الأرجل ، ومن
الحيوان والأفراد الآخرين ، وهذه الحيوانات والأفراد ، قد تكون مريضة ، أى
ظاهر عليها أعراض المرض ، أو حاملة للميكروب ، أى غير ظاهر عليها
أعراض المرض .

وفي حالات أخرى قليلة ، تتحول بعض القاطنات الميكروبية الطبيعية
للجلد ، والأنسجة المخاطية بجسم الإنسان ، إلى ميكروبات مرضية ، عندما
تضعف مقاومة الإنسان ، وتتهور أجهزته المناعية .
وبالإضافة إلى ذلك ، تلعب فرط الحساسية دورا فى كثير من الأمراض
الفيروسية ، بحدوث تفاعلات حساسية بالجسم ، مصاحبة لتلف الخلايا
الجسدية ، الناتج من التأثير المباشر لنمو الفيروسات بداخل تلك الخلايا .

وستعرض فى الصفحات التالية ، بإختصار ، لبعض الأمراض الهامة
التي تسببها الميكروبات للإنسان .

الأمراض التي تنتقل عن طريق الهواء Airborne diseases

تنتقل الميكروبات الممرضة المسببة لهذه الأمراض ، عن طريق الهواء ، ويندمل الميكروب بجسم العائل ، من خلال جهازه التنفسي : الأنف ، البلعوم ، الحنجرة ، القصبات ، الشعب الهوائية ، والرنيتين .

وغالبا ما تنتشر هذه الأمراض في شكل عدوى ، تصيب عددا كبيرا من الناس ، في وقت قصير ، خاصة خلال أشهر الخريف والشتاء ، لتكس الأفراد ، من البرد ، في الأماكن المغلقة . ففي كل مرة يكح فيها الفرد المصاب ، أو يعطس ، أو حتى يتكلم بصوت عالي ، يخرج من فمه سحبا من الرذاذ ، عبارة عن قطرات دقيقة من اللعاب Droplets of saliva ، تحمل معها الميكروبات المرضية .

وتقاوم هذه الأمراض ، بمراعاة

- ١- إتباع الشروط الصحية ، وتهوية الأماكن المغلقة كالمدارس ، ودور السينما ، وتطهير الأدوات المستعملة .
- ٢- تقليل الإحتكاك بالمرضى ، وحاملى الميكروب .
- ٣- عزل المرضى .
- ٤- زيادة مقاومة الأفراد بالتحصين ، والتغذية السليمة .

والجداول التالية [٩(٥) - ١ ، ٩(٥) - ٢] ، توضح بعض الأمراض الميكروبية الهامة ، التي تنتقل عن طريق الهواء .

جدول ٩ (٥) - ١: بعض الأمراض البكتيرية التي تصيب الإنسان ، وتنتقل عن طريق الهواء

المرضى	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Diphtheria ^(١)	Corynebacterium diphtheriae	Pathogenesis	الوقاية
الدفتريا - الخناق	ويعرف الميكروب أيضا باسم Klebs-loeffler bacillus نسبة إلى إسمي مكتشفى المسبب	- يستقر الميكروب بالزور ، وتظهر الأعراض بعد ٢-٥ يوم من الإصابة ، كالتهاب موضعى ، وحصى - ثم يفسد الزور بسبب تكون أنسجة ميتة وإفرازات ، تتجمع وتنتفخ مرور هواء التنفس ويحدث إختناق خاصة بين الأطفال - يفرز الميكروب توكسين خارجى ، يسيّر مع الدم إلى كل أجزاء الجسم ، مسببا حالة تسمم	- تحصين الأطفال باللقاح الدلتاى (٢) DTP vaccine (ضد الدفتريا، والتتanos ، والسعال الديكى) ، ثلاث جرعات ، بعد عمر شهرين ، وبين الجرعة والأخرى من شهر إلى شهرين ثم إعطاء جرعة تنشيط للطفل عند مغوله المدرسة العلاج : استخدام : - مضاد التوكسين - المضادات الحيوية مثل البينسلين والإستربتوميسين

(١) تعطل الدفتريا وأمراض البكتريا السبحية ، الأمراض المعقولة بالهواء ، والتي تصيب الجهاز التنفسى العلوى ، ولها أنها
أحيانا ، قد تصيب أجزاء أخرى بالجسم

(٢) لقاح DTP ، لقاح ثلاثى خليط من توكسويد الدفتريا ، ٥ ، وتوكسويد التتanos ، ٢ ، ولقاح السعال الديكى ، P ، Pertussis vaccine

المرضى	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Streptococcal infections العدوى بالبكتريا السبحية	Streptococcus pyogenes, 8 - hemolytic كروى فى سلاسل (سبحي) مستوجب لجرام غير متجرثم ، غير متحرك ، لا يكون كابسول محبب لكيفية قلبية من الأكسجين مخمسر للسكريات ، ذاتي التخمر ، مع إنتاج حامض لاكتيك لا يتحلل الميكروب في وجود أملاح الصفراء - الأنواع المعروفة ، تفرز hemolysin ، وهي محللة لكرات الدم الحمراء تحللا كاملا ، وتكون حالة رائقة حول المستعمرات الناعمة على بيئة آجار الدم ، بمعنى أن الميكروب المعرض من النوع بيتا	يسبب التهاب اللوزر Pharyngitis ويسبب التهاب اللوز Tonsillitis - يلى تلك حدوث التهابات روماتزمية ، وتلف لكثير من الأنسجة الضامة بالمفاصل ، وأنسجة القلب - وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الأنواع المفردة للمعروف Erythrogenic toxins تسبب طفح أحمر على الجلد ، وحمى قرومزية Scarlet fever - الأنواع القيجية Pyrogenic تسبب التهابات بالجلد ، وعدوى ثانوية بالجروح	الوقاية لا يوجد حتى الآن طرقا فعالة للتحصين العلاج - استخدام المضادات كالبنسلين والأستربتوميسين

تابع جدول ٩ (٥) - ١:

الوقاية والملاج	تولد المرض	المسبب	المرض
<p>الوقاية</p> <ul style="list-style-type: none"> - رفع مستوى المعيشة - مراعاة الشروط الصحية العامة - بسترة اللبن - التحصين بجرعة واحدة داخل الجلد ، باللقاح المحضر من سلالة بكتيرية موهنة ، معزولة من البقر ، وتسمى باسم مكتشفها Bactilus of Calmette and Guerin (BCG) - فحص العائلة الموجود بها المصاب ، وعزل المريض <p>العلاج</p> <ul style="list-style-type: none"> - الراحة ، والتغذية الجيدة - مع علاج كيميائى مثل Streptomycin, P-amino salicylic acid , Iso nicotinic acid hydrazide 	<ul style="list-style-type: none"> - مرض مزمن ، يستمر لفترة طويلة - يصيب أنسجة متعددة بالجسم، ولكن الرئتين هما الأكثر تعرضا - يتكاثر الميكروب داخل وخارج خلايا المائل ، مكونا لوربات Tubercles ، تضم الميكروب وتحميه - فى بعض الحالات ينتشر الميكروب بالجسم مع الدم - يسبب المرض كحه ، وآلام بالمصدر ، وضعف عام بالجسم ، مع بصاق مخلوط بالدم أحيانا - بالإضافة إلى إنتقال الميكروب عن طريق الرذاذ والبصاق ، فقد ينتقل مع لبن الحيوانات المصاب 	<p>Mycobacterium tuberculosis</p> <ul style="list-style-type: none"> - عصوى منحني ، غالبا مفرد ، وأحيانا فى تجمعات - موجب لجرام ، صامد للأحماض - غير متجرحم ، غير متحرك ، لا يكون كابسول - هوائى حقيقى 	<p>Tuberculosis (١)</p> <p>السل - الدرن</p>

(١) يمثل السل الأمراض المنقولة بالهواء ، والتي تصيب الجهاز التنفسي السفلى

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
التهاب الرئوي Pneumococcal Pneumonia	Streptococcus pneumoniae, α - hemolytic Formerly called, Diplococcus pneumoniae Commonly called, Pneumococcus - يضم النوع أكثر من ٨٠ سلالة ، ويعيز بينها سيروlogيا باختبار إبتعاخ الكايسول المسمى Queilung reaction ، في وجود الانتسيروم المتخصص - كروي في أزواج ، موجب لجرام - غير متجرحم ، غير متحرك ، له كايسول - إختياري للهواء - مخمر للسكريات ، ذائى التخمر ، مع إنتاج حامض لاكتيك - يتحلل الميكروب في وجود أملاح الصغراء - يحلل كرات الدم الحمراء جزئيا ، فيكون هاله لونها أخضر حول المستعمرات النامية على بيئة أجار السلم ، أى أن الميكروب الممرض من النوع Viridans	توجد هذه البكتريا طبيعيا بالزور ، وعندما تضعف مقاومة الجسم ، للإصابة مثلا بعدوى فيروسية ، يصل الميكروب للرئة ، ويسبب الإتهاب الرئوي وتعود ٩٥٪ من حالات إتهاب الفصوص الرئوية لـ lobar pneumoniae Strept. pneumoniae إلى بكتريا - يسبب المرض حى ، وأزمة تنفسية، وآلام شديدة بالمصر يشترك في إحداث المرض ، - Klebsiella pneumoniae - Haemophilus influenzae	الوقاية لا يوجد حتى الآن طرقا فعالة للتحصين ، بسبب تعدد السلالات المسببة للمرض العلاج المضادات كالبنسلين

تابع جدول ٩ (٥) - ١ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
التهاب السحايا Meningitis	Neisseria meningitidis Commonly called Meningococcus - كروي صغير في أزواج، سالب لجرام - غير متجرح ، غير متحرك - لا يـكـون كابسول - هوائي	ينتقل الميكروب مع الدم من البلعوم الأنفسي إلى الغشاء المغلف للمخ، والجل الشوكي ، حيث يستقر ، ويسبب عدوى حادّة ، تنتهي بالموت غالباً	تجنب المرض وحاملي الميكروب التحصين باللقاح العلاج المضادات كالبنسلين
السعال الديكي - الشاهوق Whooping cough	Bordetella pertussis - عصوي قصير ، سالب لجرام - غير متجرح ، غير متحرك - لا يـكـون كابسول - هوائي	بمسبب السعال الديكي - مرض شديد العدوى ، يـسـبـب الأطفال عادة في السنة الأولى من العمر - يتميز المرض بحوث سعال متكرر في شكل نوبات تنتهي بشهقة تشبه صوت الديك - قد تحدث مضاعفات مثل التهاب الرئوي	الوقاية تحصين الأطفال باللقاح الثلاثي DTP (دفتريا ، تتانوس ، سعال بيكي) (انظر الدفتريا) العلاج الإشروميسين

جدول ٩ (٥) - ٢: بعض الأمراض الفيروسية التي تصيب الإنسان ، وتتقل عن طريق الهواء

الوقاية والعلاج	تولد المرض	المسبب	المرض
<p>الوقاية التحصين باللقاح غير كافى للوقاية ، لتعند السلالات المسببة للمرض ، والتأثير المناعي للقاح لا يزيد عن ٦ شهور</p> <p>العلاج - الراحة ، تناول المضاد - المحتوية على فيتامين ج ، الأسبرين - تعالج مضاعفات الأنفلونزا بالمضادات ، كالبنسلين</p>	<p>- مرض سريع الانتشار ، خاصة في الشتاء عندما يزداد التزامم في الاماكن المغلقة - يسبب المرض التهابات حادة للأنف والزور والقشبات والشعب الهوائية مع إفرازات وضغط عام وحصى وآلام في المفاصل - تظهر الأعراض بعد عدة ساعات من العدوى ، ويستمر المرض لعدة أيام قد تصل لأسبوع ، بعدها يتم للشفاء - قد تحدث مضاعفات نتيجة للإصابة بالأنفلونزا ، مثل الالتهاب الرئوي - يسبب المرض خسائر اقتصادية عن كبيرة ، بسبب تغيب المصابين عن أعمالهم أو مدارسهم</p> <p>- يشارك في حدوث المرض بكتريا Haemophilus influenzae (انظر الالتهاب الرئوي)</p>	<p>مسبب الإبرد العادي : مجموعة من الفيروسات ، ولكن يعود للسبب في أكثر من ٤٠٪ من الحالات Rhinovirus في فيروس Picornaviridae ويتمتع عائلة لفيروس صغير الحجم ، كروي الشكل ، نو سيمتريه عشريته الأوجه ، ليس له غلاف ، قطره حوالي ٣٠ nm ، حمضه لننوي (ss RNA)</p> <p>مسبب الأنفلونزا : Influenzavirus فيروس ويتمتع عائلة Orthomyxoviridae لفيروس كروي الشكل - عدة ، إمليجي لسميته ، له غلاف ، وقطره ٨٠ إلى ١٢٠ nm . حمضه للننوي ss RNA ولفيروسات لبرد العادي ، والأنفلونزا سلالات سيرواوجية عديدة</p>	<p>Common cold and Influenza البرد العادي والأنفلونزا</p>

* تمثل الأنفلونزا ، ولبرد العادي ، تنوعا للأمراض الفيروسية التي تصيب الجهاز التنفسي ، وتتقل عن طريق الهواء
ss: single strand ds: double strand

تابع جدول ٩ (٥) - ٢ :

الوقاية	تولد المرض	المسبب	المرض
<p>التحصين باللقاح للأطفال من عمر ٩ شهور</p>	<ul style="list-style-type: none"> - مرض شليد العنق ، حاد - ينتقل بالجهاز التنفسي ثم ينتشر مع الدم إلى كل أجزاء الجسم - يصيب الأطفال عادة - يسبب حمى شديدة ، وآلام في العين فلا تتحمل الضوء ، وطفح أحمر على كل الجسم ، ويقع بيضاء على الأغشية المخاطية للأنف ، والزرور 	<p>Morbillivirus (Rubeola virus) الذي يتبع عائلة Paramyxoviridae</p> <ul style="list-style-type: none"> - الفيروس كروي الشكل ، - إهليجي السيمتري ، له غلاف ، - قطره من ١٥٠ إلى ٣٠٠ nm ، - حمضه النوى ss RNA 	<p>Measles , Rubella الحصبة</p>
<p>- له لقاح واقى - لا يعطى للقاتح للأم الحامل ، لأن اللقاح ضار بالجنين</p>	<ul style="list-style-type: none"> - أقل إنتشاراً من الحصبة العادية - يسبب عجزاً معتدلاً - ينتقل بالجهاز التنفسي ، وينتشر مع الدم إلى كل أجزاء الجسم - يصيب أساساً الأطفال من عمر ٥ إلى ١٠ سنوات - يسبب حمى معتدلة ، وطفح أحمر على الجسم - شديد الخطورة على الجنين إذا أصاب الأم الحامل ، حيث يسبب موت الجنين ، أو ولادته معوقاً 	<p>Rubivirus (Rubella virus) الذي يتبع عائلة Togaviridae</p> <ul style="list-style-type: none"> - الفيروس كروي الشكل - نو سيمتري عشريته الأوجه ، - له غلاف ، - قطره من ٤٠ إلى ٨٠ nm ، - حمضه النوى ss RNA 	<p>German measles , Rubella الحصبة الألمانية</p>

المرضى	المسبب	تولد المرض	الوقاية
للتهانف Mumps	الذي يتبع عائلته Mumps virus Paramyxoviridae الفيروس كروي الشكل ، إهليجي للسميتية ، له غلاف ، قطره من ١٥٠ إلى ٢٠٠ nm ، حمضيه للنزوى ss RNA	<ul style="list-style-type: none"> - يتشتر غالبا بين الأطفال - مدة الحضنة حوالي ٢ أسابيع - يمسب القعدة الكيفية ، مع حدوث إتهاب و لتفانخ واضع خلف الأذن، وصعوبة في البلع - قد يمسب أيضا غدد اللعاب ، الغصية ، المبيض ، البنكرياس - وأخطر مضاعفاته تحدث في الذكور ، إذا أصيبت الخصية 	<p>للأطفال بعد عمر سنة</p> <p>للتهانف باللقاح الحي الموهن</p>
شلل الأطفال Polio	للشئ يتبع عائلته Poliovirus Picornaviridae الفيروس كروي الشكل ، نو سيمتية عشريتية الأوجه ، ليس له غلاف ، قطره من ١٨ إلى ٢٠ nm ، حمضيه للنزوى ss RNA له ثلاث سلالات سيرولوجية	<ul style="list-style-type: none"> - ينتقل أسلما عن طريق الجهاز التنفسي ، وقد ينتقل أيضا عن طريق النسم من المواء الملوثة بالفضلات البرازية - تنتج الأمراض للحادة بسبب إصابة الفيروس للنشاء السحائي ، وأصلب الحركة بالحبيل الشوكي ، وساق المخ Brainstem - يسبب الشلل الدائم في الساق وأحياننا في النزراع وعفلات الصدر 	<p>مرض معوق وليس له علاج ناجح حتى الآن ، والوقاية بواسطة :</p> <ul style="list-style-type: none"> - للتهانف باللقاح الحي الموهن (لقاح سلبين) - يؤخذ اللقاح من عمر شهرين ، ٢ جرعات بالقم ، الجرعة تغطتين ، وبين الجرعة والأخرى شهر - لقاح سورك ، وهو فيروس مقتول بالفيروسات ، يؤخذ ٢ مرات حقا بالعضل ، وقد قل استعمال لقاح سورك ، لغايلية وسهولة استعمال لقاح سلبين

تفليح جدول ٩ (٥) - ٢ :

الوقاية	تولد المرض	المسبب	المرض
<p>- التحصين باللقاح من عمر سنة</p> <p>- توقف إنتشار المرض بالعالم منذ عام ١٩٧٩</p>	<p>- مرض شديد العدوى والخطوره يدخل الفيروس عن طريق الجهاز التنفسي ويوصل إلى الدم إلى اللبغرافية ، ويسير مع الدم إلى كل أجزاء الجسم</p> <p>- قد ينتقل بالإحتكاك المباشر مدة الحضنة حوالي اسبوعين</p> <p>- يسبب تكوين بثرات عامة على الجسم خلسة بالوجه ، وتختلف للبثرات مكانها نسبت الجوى للميزة</p>	<p>Varicella virus Poxviridae</p> <p>فيروس ينتمي عائلة Poxviridae للفيروس كبير الحجم ، يفضل الشكل معقد السيمتري ، له غلاف ، قطره من ٢٢٠ إلى ٣٠٠ nm ، وحمضه لنوكوي ds DNA</p>	<p>Smallpox , Varicella</p> <p>الجذري</p>
ليس له لقاح	<p>- واسع الإنتشار خاصة بين الأطفال خلال الشتاء والربيع</p> <p>- يدخل الفيروس عن طريق الجهاز التنفسي ، ويوصل إلى الغدد اللمفاوية ، وينتشر مع الدم إلى كل أجزاء الجسم</p> <p>- مدة الحضنة حوالي أسبوعين</p> <p>- يسبب عدوى معتلة ، مع تكوين بثرات (حويصلات) عامة على الجسم ، تزول بعد فترة</p>	<p>Varicella - zoster virus Herpesviridae</p> <p>فيروس ينتمي عائلة Herpesviridae للفيروس كروي الشكل ، نو سيمتري عشوائية الأوجه ، له غلاف ، قطره ١١٠ nm ، وحمضه لنوكوي ds DNA</p>	<p>Chickenpox , Varicella</p> <p>الجذري ، الكاكبي</p>

الأمراض التي تنتقل عن طريق الأغذية والمياه Foodborne and waterborne diseases

تنشأ هذه الأمراض ، بسبب ميكروبات تنتقل مع الغذاء ، أو مياه الشرب ، فتدخل الميكروبات إلى العائل ، عن طريق الفم مع الغذاء والمياه ، وتخرج منه ، عن طريق الأمعاء مع المخلفات . فالقناة الهضمية موطن طبيعى لعدد كبير من الميكروبات ، أكثرها مفيد أو غير ضار ، ولكن بعضها شديد الأمراض يسبب أمراضا مثل التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا .

وهذا يعنى ، أن المخلفات البرازية ، للمرضى ، وحاملى الميكروب ، تحمل معها الميكروبات المرضية ، وإذا ما لوثت هذه المخلفات ، الغذاء ، أو مياه الشرب ، مباشرة ، أو عن طريق التداول ، أو الحشرات كالذباب ، فإن الميكروبات الملوثة ، تنتقل إلى أفراد جدد . ويظهر المرض ، عندما تنتقل أعداد كبيرة من الميكروبات إلى الغذاء .

يحدث المرض من الميكروبات المنقولة مع الغذاء ، أو المياه ، بطريقتين

- العدوى
Infection
وهنا يحدث المرض ، نتيجة العدوى بالميكروب الممرض ، كما يحدث عندما تنتقل البكتريا المسببة للتيفود مع الغذاء ، إلى العائل ، وتمرضه .

- التسمم
Poisoning , Intoxication
وهنا يحدث المرض ، نتيجة للسموم التي يفرزها الميكروب أثناء وجوده بالغذاء ، كما يحدث عند تناول غذاء به سم البكتريا العنقودية ، فتظهر أعراض التسمم الغذائى على العائل .

تتواجد الميكروبات ، المسببة للإضطرابات ، والحميات المعوية ، مع الغذاء ، لأسباب عديدة منها

- عدم إتباع الشروط الصحية فى إنتاج الغذاء ، وفى نقل ، ومعاملة المياه
- عدم نظافة القائمين بالعمل ، ووجود بينهم مرضى ، أو حاملين للميكروب
- عدم الإنضاج الجيد للغذاء ، أو عدم كفاءة المعاملة الحرارية لإعداد الغذاء
- تلوث الأوعية
- عدم كفاءة وسائل حفظ الغذاء

وتتواجد الميكروبات المرضية ، بمياه الشرب ، لأسباب عديدة منها

- عدم كفاءة عمليات التنقية والتطهير لمياه الشرب
- إختلاط مخلفات المجارى بمياه الشرب
- عدم التخلص الصحى من مخلفات المجارى

ومن ذلك نلاحظ ، أن تجنب الأسباب السابق ذكرها ، الخاصة بتواجد الميكروبات المرضية فى الأغذية ، ومياه الشرب ، يؤدى إلى تقليل الإصابة بالأمراض المنقولة عن هذه الطرق . ويمكن الرجوع إلى تفصيلات هذه المواضيع ، فى الفصول الخاصة بالأغذية ، والألبان ، ومياه الشرب ، ومياه المخلفات ، بهذا الكتاب .

وسنتعرض فى الصفحات التالية ، بإختصار ، لبعض الأمراض الهامة المنقولة عن طريق الأغذية ، والمياه ، وتصيب الانسان [جداول ٩(٥) - ٣ ، ٩(٥) - ٤] .

جدول ٩ (٥) - ٣: بعض الأمراض التي تصيب الإنسان ، وتنقل عن طريق الغذاء ، وسببها عدوى ميكروبية*

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والملاج
Typhoid fever حمى التيفوئيد	Salmonella typhi (S. typhosa) عدوى قصير، مفرد، سالب لجرام غير متجراثم ، متحرك بفلاجيلات محيطية إختياري للهواء خليط التخمر للسكريات لايخمر سكر اللاكتوز يفرق بين السلالات المختلفة ، سيروولوجيا	- يـوزـاد إنتشار المرض في الـمـاكن التي لا تراعى الشروط الصحية - تكاثر الميكروب داخل الخلايا أو لا ، وبالعقوات المرارية والمصابين ، ثم ينتشر مع الدم لكل أجزاء الجسم - قد يكون بؤرا في الرئة والموصله السريرية والطحال ونخاع العظام - تظهر الأعراض بعد أسبوعين من الإصابة ، كعدوى شديدة يسبب حمى شديدة وصداخ ، وطفح بالجسم ، مع إسهال ونقي - عالم يعالج المريض مبكرا ، فإن المرض يستمر لعدة أسابيع ، وقد يموت المريض	الوقاية - مراعاة الشروط الصحية ومقاومة النباب - عزل مخلفات المجارى عن مياه الشرب - منيع المرضى وحاملى الميكروب من التعامل مع الأغذية - التحصين بالمطاع ، ويعطى المطاع مناعة لمدة أشهر العلاج إستخدام الكلورامفينيكول

* للوقاية ، فإنه فى جميع الحالات ، تراعى الشروط الصحية فى تداول ، وإعداد ، وحفظ الغذاء ، ومراعاة عدم تلوث مياه الشرب بمياه المجارى

تابع جدول ٩ (٥) - ٣ :

الوقاية والعلاج	تولد المرض	المسبب	المرض
الوقاية <ul style="list-style-type: none"> - حملية الغذاء من التلوث من القوارض، والحيوانات الأخرى - جودة الرقابة على اللحوم بالمجازر - لا يوجد لغاى مناسب حتى الآن العلاج <p>تعالج الحميات المعوية بالمضادات</p>	<ul style="list-style-type: none"> - تعتان الحميات المعوية بانتشار المسبب بكل أجزاء الجسم ، وترتبط العدوى بتوكسين داخلى بالبكتريا المسببة - تظهر الأعراض بعد ٨ - ٤٠ ساعة من تناول الغذاء الملوث - تحدث عدوى معتدلة عن حالة عدوى حصى التيفود - تظهر حمى (٣٩°م) مع حوث مغص وقيء وإسهال - يستمر المرض لمدة أيام (٢-٥ يوم) ، ثم يشفى المريض غالبا 	<p>Salmonella spp.</p> <p>S. typhimurium S. enteritidis</p> <p>S. schottmulleri</p> <p>S. cholerae suis</p>	<p>Salmonellosis</p> <p>أمراض السالمونيلا</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gastroenteritis - الإلتهابات المعوية والتسمعات الغذائية - Enteric fever - حميات معوية - Salmonella septicemia - تلوث الدم بالسالمونيلا
	<ul style="list-style-type: none"> - توجد هذه البكتريا فى كثير من الموائج ، والقطط ، والقوارض ، وتعتبر هذه الحيوانات مصالـر تلوث الأغذية <p>- راجع صفات البكتريا S. typhi المسببة</p>		

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
الكوليرا Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>	<ul style="list-style-type: none"> - ممرض حاد ، ينتشر بالمناطق الريفية ومتوطن بالهند - يتكاثر الميكروب أساسا بالأعماق الدفينة - حصة الحضنة ١-٢ يوم - الأعراض : غث ، قيء ، إسهال (مثل ماء الأرز) - وفي الحالات الشديدة ، تحدث صدمة للمريض نتيجة فقد المياه والأملاح ، ويحدث هذا الفقد بسبب تسويف مفرط خارجي ، يفرضه الميكروب ، يؤثر على الطبقة المخاطية المبطن للأعماق - مالم يعالج المريض سريعا ، تحدث الوفاة 	<ul style="list-style-type: none"> الوقاية راجع الحمى التيفودية العلاج - تعويض فقد السوائل ، بإعطاء المحاليل الفسيولوجية - استئصال التتراسيكلين
عسلي غذائية بالفيبريو <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<ul style="list-style-type: none"> - تظهر الأعراض بعد ٢-٤ ساعة من تناول الغذاء الملوث - الأعراض : اضطرابات معوية ، غث ، قيء ، إسهال - يستمر المرض لمدة أيام (٢-٥ يوم) ، بعدها يشفى المريض 	<ul style="list-style-type: none"> الوقاية - الإعداد الجيد للأغذية البحرية - حفظ الغذاء بالتلاجة

المرضى	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
<p>Shigellosis Bacillary dysentery الدوسنتاريا الباسيلية (الزحار)</p>	<p>بكتريا Shigella * sp. S. dysenteriae, S. boydii, S. flexneri, S. sonnei عصوى قصير ، مفرد ، سالب لجرام غير متجبرثم ، غير متحرك إختصاصى للهواء خليط التخمر للسكريات يخمّر سكر اللاكتوز مع إنتاج حامض بدون غاز</p>	<ul style="list-style-type: none"> - مرض واسع الانتشار ، خاصة بين الأطفال حتى عمر ٥ سنوات - مدة الحضانة من ١- ٧ يوم - يسبب إنتهابا حاداً بالقيء - الهضمية - وبهاجم الخلايا المبطنة لأنسجة الأمعاء الغليظة - وتتكون قروحا في نهاية الأمعاء الدقيقة وفي القولون - يسبب ألما بالبطن ، مع إسهال شديد مختلط مدمم وبه صديد 	<ul style="list-style-type: none"> - لا يوجد لقاح فعال حتى الآن - لا تستعمل المضادات إلا في الحالات الشديدة
<p>Amebiasis , Amebic dysentery الدوسنتاريا الأميبية</p>	<p>أميبيا Entamoeba histolytica Sarcodina تتبع نوات الأقدام الكاذبة تتكاثر بالانقسام الثنائي كما أنها تكون حويصلات ، مقاومة للظروف السيئة ، تخرج مع البراز ، وتظل ساكنة ، حتى تعاد إصابة العائل</p>	<ul style="list-style-type: none"> - تهاجم الأميبيا الأنسجة المخاطية المبطنة للأمعاء وتحدث قروحا - تسبب إسهالا قد يكون شديدا ، مما يسبب خطورة على المريض - قد يكون البراز مدمما - قد يسبب الميكروب خراجات بالكبد وأعضاء أخرى مثل الرئة 	<p>الوقاية : بالنظافة</p> <p>العلاج : بالكيماويات مثل Chloroquine</p>

(٢) على اسم العالم الياباني شيجا ، مكتشف المسبب المرضي عام ١٨٩٨ باليابان

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
مرض الجيارديت giardiasis	- تتبع ثورات الأسواط Mastigophora (flagellates) - طريقة الانتقال مثل الأميبيات حيث تكون حويصلات ، تخرج مع البراز ، فتلوث الغذاء والمياه وتنتقل للعائل	- تهيج البروتوزوا الأنسجة المخاطية المبطنة للأمعاء وتسبب إسهال، وآلام بالبطن	الوقاية : بالنظافة العلاج : بالكيمويات
بروستاريا بالانتيفية Balantidial dysentery (Balantidiasis)	- تتبع الهليبات Ciliate - تتحرك بواسطة الأهداب - طريقة الانتقال مثل الأميبيات	- تهيج البروتوزوا الأنسجة ، وتسبب أعراضا مشابهة للمستاريا الأميبيية	الوقاية : بالنظافة العلاج : بالكيمويات

جدول ٩ (٥) - ٤: بعض الأمراض التي تصيب الإنسان ، وتنتقل عن طريق الغذاء ، وسببها سم ميكروبي (تسمم غذائي)

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية
Staphylococcal food poisoning التسمم العفوي	توكسين معوى خارجي تفرزه بكتريا Staphylococcus aureus (Toxinogenic strain) والميكروب : - كروي في تجمعات عتقية ، موجب لجرام - غير متحرك ، غير متحرك - إختبارى للهواء - موجب لإختبار الكوآجيلين ، أى قسار على تخثر بلازما الدم - له خمسة سلالات سيرولوجية على الأقل - يتواجد الميكروب بشكل طبيعي على الجلد ، وبالأنف والزور ، ومن السهل أن يصل للغذاء ويلوته	- تسمم غذائي شائع ، يصيب عددا كبيرا من الأفراد - السم الذي يفرزه الميكروب ، يتحمل الحرارة - تظهر أعراض التسمم بعد عدة ساعات (٢-٦ ساعة) من تناول الغذاء الملوث - الأعراض : إضطرابات معوية ، مفص ، قيء ، إسهال - يستمر المرض لمدة ١-٢ يوم ، بعدها يشفى المريض	الوقاية - الطهو الجيد للغذاء - عدم ترك الغذاء فترة طويلة بالمطبخ ، بل يوضع فى الثلاجة - لا يوجد لقاح أو مضاد فعال

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
<p>التسمم البوتشوليني Botulism</p>	<p>توكسين يخرجى تفرزه بكتريا Clostridium botulinum وللميكروب :</p> <ul style="list-style-type: none"> - عمقوى طويل ، مفرد غالبا ، - موجب لجرام - متجربم بجزئومة بيضاوية ، تحت - طرفية ، والإسبور انجيا متفتحة - الجراثيم شديدة المقاومة للحرارة - متحرك بفسلاجيلات محيطية - لاهوائى - له سبعة سلالات سيورولوجية - يتواجد الميكروب بكثرة فى - التربة والأوساط البحرية 	<ul style="list-style-type: none"> - السم يتأثر بالحرارة ، وهو من أقوى السموم المعروفة - تظهر أعراض التسمم بعد ١٢-٤٨ ساعة من تناول الغذاء الملوث - يؤثر على الجهاز العصبى ، ويسبب صعوبة فى الكلام والبلع ، والتنفس ، ولانزواج فى الرؤية - يسبب شللا لعضلات التنفس والعضلات الإرادية - إحتصالات الموت عالية فى هذا التسمم 	<p>الوقاية</p> <ul style="list-style-type: none"> - المعاملة الحرارية الكافية للأغذية المعالجة منزليا - غلى الغذاء قبل الأكل (١٠٠°م / ١٠ ق) - الوقاية بالتوكسويد Toxoid <p>العلاج</p> <ul style="list-style-type: none"> - معاملة السم ، قبل ظهور أعراض التسمم ، بواسطة مضادات التوكسين antitoxin

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Perfringens food poisoning التسمم البرفنجي	توكسين معوي خارجي تفرزه بكتيريا <i>Clostridium perfringens</i> والميكروب : - عصوي طويل، مفرد، موجب لجرام - متجრثم بجرثومة بيضاوية، وسطية غير متفتحة - غير متحرك - لا هزلش - له ستة سلالات سيرولوجية - بعض أفرادها يسبب الفرغينا الغازية (انظر ص ٤٠١) - الميكروب منتشر بالطبيعة وفي للترية ، والمخلفات البرازية	<ul style="list-style-type: none"> - يتكون التوكسين بالغذاء ، إذا ترك الغذاء بعد إعداده لفترة طويلة ، تحت ظروف لاهوائية - تظهر أعراض التسمم بعد ٨ - ٢٤ ساعة من تناول الغذاء الملوث - الأعراض : إضطرابك معوية، مقيء، قيء، إسهال - يستمر المرض لأقل من يوم بعدها يشفى المريض 	<ul style="list-style-type: none"> - تجنب ترك الغذاء بالمطبخ لفترة طويلة ، - تترك في التلاجة - لا يوجد لقاح أو مضاد فعال
تسمم بكتيرية أخرى	من الأنواع البكتيرية الأخرى ، التي قد تسبب تسمما غذائيا ، سلالات خلصة من <i>B. cereus</i> , <i>E. coli</i> , <i>Proteus</i> spp.		

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية
<p>Atletoxin</p> <p>التسمم بالأفلاتوكسين</p>	<p>توكسين خارجي يفرزه فطر <i>Aspergillus sp.</i></p> <p>- الهيفات مقسمة ، الميسيليوم متفرع</p> <p>- تحمّل الجراثيم الكريهية على حوامل كورينية</p> <p>- النطر كثير الانتشار في الطبيعة</p>	<p>- يتكون السم بالحبوب والدرنات، والأغذية مثل الفول السوداني، والحبوب، المخزنة في جوط، تحت ظروف سيئة لفرات طويلة</p> <p>- يتأثر بالسم كل من الإنسان، والحيوان عند تناول أغذية ملوثة</p> <p>- يسبب للتسمم تلف أنسجة الكبد، وتكون أورام وتثبيط المناعة الخلوية</p>	<p>العناية بتخزين الأغذية تحت ظروف مناسبة وفي جو جاف لمنع نمو الفطر</p>
<p>تسممات غذائية فيروسية</p>	<p>من الفيروسات المسببة</p> <p>Adinovirus , Echovirus , Retrovirus ... etc.</p>	<p>هذه الفيروسات الملوثة للمواد الغذائية ، تسبب تسممات غذائية للإنسان ، تظهر في صورة اضطرابات معوية، ومغص، وقيء، وإسهال</p>	

الأمراض المنقولة بالمخالطة ، أو الإحتكاك المباشر Diseases transmitted by direct contact

يوجد مجموعة قليلة من الميكروبات المرضية ، لها القدرة على دخول الجسم من الجلد ، أو الأغشية المخاطية ، وتعتمد فى انتشارها بين الاشخاص على المخالطة . وتتضمن هذه المجموعة من الميكروبات

١- مسببات الأمراض الجنسية
*Veneral diseases
التي تنتقل بواسطة الجنس Sexually transmitted diseases ، مثل السيلان والزهرى ، وهى أمراض واسعة الانتشار .

٢- مسببات الأمراض التي تنتقل بالإحتكاك المباشر ، عن غير طريق الجنس،
مثل الجمرة ، والتولاريميا ، وأمراض البروسيللات .

فى الأمراض الجنسية ، لا يستطيع المسبب المرضي ، أن يبقى حيا خارج جسم العائل لفترة طويلة ، ويحتاج فى إنتقاله من شخص مصاب لآخر سليم ، إلى الملامسه المباشرة للأنسجة المخاطية ، ولذلك ، فإن الإتصال الجنسي ، هو السبب الرئيسى لانتشار هذه الأمراض ، وإن كان الزهرى ينتقل أيضا من الأم المريضة إلى الجنين ، عن طريق المشيمة ، كما ينتقل السيلان إلى الجنين ، من التلوث أثناء الولادة .

ولا يوجد لقاح واقى ، حتى الآن ، من هذه الأمراض ، المنقولة بالمخالطة ، ولكن تأتى الوقاية ، من البعد عن الإتصالات الجنسية غير المشروعة ، غير السوية ، ويتم العلاج بالمضادات الحيوية كالبنسلين ، مع الأخذ فى الاعتبار ، أن العلاج المبكر من هذه الأمراض ، يجنب المصاب عواقب خطيرة [انظر جدول ٩ (٥) - ٥] .

* نسبة إلى Venus ، إلهة الحب الرومانيه

أما عن الأمراض غير الجنسية Non - venereal diseases ، التي تنتقل بالإحتكاك المباشر ، فهي ثلاثة أمراض هامة ، هي الجمرة (الحمى التفحمية) ، والتولاريميا (حمى الأرانب) ، وأمراض البروسيللات ، مثل الحمى المتقطعة .
وكل هذه الأمراض ، أمراض حيوانية ، تنتقل إلى الإنسان ، من مخالطة حيوان مصاب ، ومن اللحوم ، والألبان الملوثة .

وتأتى الوقاية من هذه الأمراض ، بالحذر عند التعامل ، مع الحيوانات المستأنسة المريضه ، ومراعاة النظافة ، ومقاومة القوارض ، ومفصليات الأرجل ، والرقابة الصحية الجيدة على اللحوم المنبوحه ، والسلخانات ، والطبخ الجيد للحوم ، وغلى اللبن جيدا .

ويتم العلاج من هذه الأمراض ، بالمضادات الحيوية [انظر جدول ٩ (٥) - ٦] .

جدول ٩ (٥) - ٥ : بعض الأمراض التي تصيب الإنسان ، وتنتقل بالاتصال الجنسي

المرض	المسبب	تولد المرض
<p>Gonorrhea الاسيلان</p>	<p>Neisseria gonorrhoeae Commonly called, Gonococcus</p> <p>- كروى صغير ، في أزواج ، سالب لجرام - غير متجوزيم ، غير متحرك - الأنزيم للمرضية لها Pili - إختياري للهواء وحساس جدا للجفاف - موجب لإختبار الأكسيداز</p> <p>- ينتقل بالاتصال الجنسي - وينتقل للأطفال أثناء الولادة ، بالطوئ من أم مصلبة</p>	<p>- مرض سريع الانتشار - بعد الاتصال الجنسي ، يخترق الميكروب الأغشية المخاطية للمجرى التناسلي، ويستقر بالأغشاء التناسلية - يظهر المرض ، بعد فترة حضنة من ٢-٨ يوم من العدوى</p> <p>- يسبب في الرجال ، التهاب الإحليل (مجرى البول) ، ونزول صديد مع البول وإذا أعمل العلاج ، يصيب الميكروب الخصية ، والبروستاتة ، ويسبب عقم الرجال</p> <p>- يسبب في المرأة التهاب المهبل ، وآلام عند التبول ، وإذا أعمل العلاج ، يصيب قناة فالوب وقد تنسد ويحدث العقم - يسبب للأطفال حديثي الولادة التهابات بملتحمة العين ، وقد يسبب العمى</p> <p>- لو قايمة الأطفال فإنه عقب الولادة ، يقتر بعين الطفل بترك نفسه ١/١</p>

المرض	المسبب	تولد المرض
Syphilis الزهري ، الأسفلي	Treponema pallidum سبيروكيٲتا حلزوني الشكل، ٢، ٣، ٥-١٥ X ٠٠٠ ، ١٤-١٦ لغة، ذو أطراف مدببة، رهيف، نور جدار مرن مفرد ، سعالب لـجـرلـم غير متحرك ، متحرك حركة لولبية سليحة في السوائل بدون فلاجيلات لاهوائي	<ul style="list-style-type: none"> - أول انتشارا من السيلان ، ولكنه أشد خطورة - بعد الإتصال الجنسي ، يخترق الميكروب الأنسجة المخاطية للجهاز التناسلي - بعد فترة حضانة حوالي شهرا (من ١٠-٩٠ يوما) ، تتكون قرحا chancre ابتدائية موضعية مكان الإصابة ، ويعرف تلك بالزهري الإبتدائي Primary syphilis ، (القرح أماكن مملوءة بالميكروب) - بعد عدة أسابيع من اختفاء قرح الزهري الإبتدائي ، يكون الميكروب قد إنتشر بالجسم ، وتحدث عدوى عامة ، وتظهر قرح الزهري الثانوي Secondary syphilis بالأعين ، والعظام ، والجهاز العصبي المركزي - تخفئ قرح الزهري الثانوي بعد عدة أسابيع ، فإذا لم يعالج المريض ، يكن الميكروب بالجسم لفترة قد تصل لعدة سنوات ، بعدها تظهر قرح المرحلة الثالثة Tertiary syphilis بالعين والجلد ، ومسامك القلب ، والجهاز العصبي المركزي ، والعظم ، وقد يصل المريض بالعمى ، واضطرابات بالقلب ، واختلال بالقوى العقلية ، وينتهي المرض بالموت - يسبب الميكروب بالأم الحامل المصابه ، تشوه الجنين أو موٲته
	<ul style="list-style-type: none"> - ينتقل بالإتصال الجنسي - ويتقل أثناء الحمل من الأم المصابه إلى الجنين 	

تسليخ جدول ٩ (٥) - ٥ :

المعرض	المسبب	تولد المعرض
<p><i>Trichomonas</i></p> <p>عدوى بالمهبل ، والإحطيل</p>	<p><i>Trichomonas vaginalis</i></p> <p>- بروتوزوا تنبغ ذوات الاسواط</p> <p><i>Metaphorm</i> (Flagellate)</p> <p>- الميكروب مثل ميكروب السيلان والزهرى ، لا يستطيع أن يعيش طويلا خارج جسم المائل</p> <p>- يتحرك بالأسواط ، لا يكون حويصلات</p> <p>- يتكاثر بالانقسام الثنائي</p> <p>- ينتقل بالاتصال الجنسي</p>	<p>- تظهر الأعراض بعد ٤-٢٠ يوما من العدوى</p> <p>- يسبب التهاب الإحطيل ، والبروستاتيه بالرجل</p> <p>- ويسبب التهاب المهبل بالمرأة</p> <p>- تتكون إفرازات كريهة الرائحة</p> <p>العلاج</p> <p>بالكيماريات المضادة مثل <i>Metronidazole</i></p>

جدول ٩ (٥) - ٦: بعض الأمراض التي تصيب الإنسان ، وانتقل بالمخالطة (عن غير طريق الجنس)

المرض	المسبب	تولد المرض
<p>الجمرة - الحمى التفعية</p> <p>Anthrax</p>	<p>Bacillus anthracis عصوى طويل ، في سلاسل ، موجب لجرام</p> <p>متجربم جراثيم وسطية غير منتفخة غير متحرك</p> <p>له كابسول من حامض الجولتاميك هوائي حتمي</p> <p>ينتقل للإنسان من مخالطة حيوانات مریضه ، ويخلل الجسم عن طريق خدش أو جرح بالجلد</p>	<p>- يصيب الحيوانات المستأنسة والبرية - ويصيب الإنسان ، حيث يسبب ظهور بثرات خبيثة pustule Malignant مكان العدوى بالجلد ، ذات مركز أسود ، وحدوث تلوث للدم بالبكتريا Septicemia ، وقد يصيب أجهزة داخلية بالجسم كالرئتين</p> <p>- ينتهي المرض بالموت غالبا إذا لم يعالج</p> <p>- الوقاية : بحقن المخالطين باللقاح</p> <p>- العلاج : بالمضادات الحيوية كالبنسلين</p>
<p>أمراض البروسيلات</p> <p>Brucella</p>	<p>Brucella abortus ، B. melitensis ، B. suis</p> <p>عصوى قصير ، مفرد ، سالب لجرام غير متجربم ، غير متحرك هوائي</p> <p>ينتقل للإنسان من مخالطة حيوانات مصابة، ومن اللحوم المصليه، والألبان الملوثة</p>	<p>- يصيب عددا كبيرا من الحيوانات ، ولكل ميكروب المائل الذي يفضل ، مثلا</p> <p>B. abortus ، for cattle في الإبقار</p> <p>B. melitensis ، for goat في الماعز</p> <p>B. suis ، for swine في الخنازير</p> <p>- في الحيوان ، يستقر الميكروب بالرحم، ويسبب مرض الإجهاض المعدي</p> <p>- في الإنسان ، ينتشر الميكروب بالجسم، وينكسر في الخلايا المائعة ، ويسبب مرض الحمى المتقطعة</p> <p>- العلاج : بالمضادات كالتراسيكلين</p>

تابع جدول ٩ (٥) - ٦ :

المرض	المسبب	تولد المرض
<p>^(١) <i>Tularemia</i></p> <p>للتولاريميا ، حمى الأرانب</p>	<p><i>Francisella</i>⁽²⁾ <i>tularensis</i> (Formerly <i>Pasteurella tularensis</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - عصفور قصير جدا ، مفرد ، سالب لجرام - غير متجراثيم ، غير متحرك ، يمر من المرشحات البكتيرية - وراثي - ينمو غالباً بدرجة حرارة خلايا العائل - يقتل الإنسان من ملابسه جلد أو لحوم حيوانات مصابه ، ويدخل عن طريق خدش ، أو جرح بالجلد - ويقتل أيضاً بواسطة مفضليات الأرجل ، من لدغ التراد ، والبعوض 	<ul style="list-style-type: none"> - يصيب عددا كبيرا من القوارض - بعد إصابته الإنسان ، ينتشر الميكروب من خلال الدم ، بكل الجسم - تظهر الأعراض بعد عدة أيام (١ - ١٠ يوم) في شكل حمى تستمر عدة أسابيع - قد يسبب قروحا بالرتين ، والكبد، والطحال ، والمخ - العلاج : بالمضادات كالتراسيكلين

(١) نسبة إلى مقاطعة Tulare بكاليفورنيا ، التي اكتشف بها المرض

(٢) نسبة إلى اسم Francis ، مكتشف المسبب المرضي

Wound infections

عدوى الجروح

عندما يدخل بالجرح ، مادة غريبة غير معقمة ، يدخل مع هذه المادة ، الميكروبات الملوثة ، فإذا كانت ظروف الجرح مناسبة لها ، فإن نوعا أو أكثر من الميكروبات ، ينمو ويتكاثر ، ويسبب العدوى ، التي قد تنتشر من خلال الدم ، أو الأنسجة ، بكل الجسم .

وتحت الظروف العادية ، لا يعتبر دخول الميكروب من الجرح ، طريقا طبيعيا لانتقال الميكروبات ، مثالا على ذلك ، فإنه غالبا ما يوجد بالجروح الملوثة ، البكتريا القاطنة بالتربة ، مثل الكلوستريديا ، وهي لاهوائية حتما ولا تنمو فى الأنسجة السطحية السليمة ، ولكن تعتبر الجروح العميقة وسطا مناسباً لها ، حيث تتوفر الأنسجة الميتة ، وتقل نسبة الأكسجين .

وتفرز أنواعا كثيرة من بكتريا الكلوستريديا ، سموما خارجية شديدة التأثير ، تتلف موضعيا الأنسجة المصابة ، مثل Cl. perfringens ، التي تسبب الفرغرينا الغازية ، أو ينتشر التوكسين بالدم ، ويؤثر على الجهاز العصبى مثل توكسين بكتريا Cl. tetani ، المسبب لمرض التتanos (الكزاز) .

وبالإضافة إلى الكلوستريديا ، التي تعتبر أخطر ملوثات الجروح ، يوجد بكتريا أخرى تدخل من الجروح ، وتلوثها ، مثل

Staphylococci , Streptococci , Pseudomonads , Enterobacter

وجداول ٩(٥) - ٧ ، يوضح بعض الأمراض الهامة ، التي تنشأ عن طريق الجروح .

جدول ٩ (٥) - ٧ : بعض أمراض عدوى الجروح الشائعة

المرض	المسبب	تولد مرض
Tetanus , Lockjaw التنتانوس ، الكزاز	توكسين خارجي عصبي ، تفرزه بكتريا <i>Clostridium tetani</i> والميكروب : - عصوى طويل ، مغز ، موجب لجرام - متجزئم بجرثومة طرفية متنفذة - متحرك بفلاجيلات محيطية - لاهوائي حتمي - لا يخمّر الكربوهيدرات - الميكروب موطنه التربة ، وقد يوجد في براز الحيوانات - ويختل الجسم عن طريق الجروح - وقد يصيب الأطفال حديثي الولادة عند تلوث جرح السرة ، من ضمادات ملوثة	<ul style="list-style-type: none"> - يحدث المرض ، عند توفر الظروف ، اللاهوائية المناسبة لنمو الميكروب ، وتكون التوكسين - بعد فترة حضانة من ١-٣ أسابيع ، ينتشر التوكسين بالدم ، ويصيب الجهاز العصبي فيحدث تقلص ، وشلل بالعضلات ، خاصة في الرقبة ، والفاك - يموت المريض إذا لم يعالج - الوقاية : بالتوكسويد Toxoid ، ويتحصن الأطفال بالتطعيم الثلاثي (انظر ص ٣٧٢) - تطعيم الحوامل بجرعتين من توكسويد التنتانوس - تطهير الجرح عند حدوثه ، بالماء والصابون ومطهر ، مع إعطاء المصلب لقاح توكسويد التنتانوس - التعقيم الكافي لأدوات الجراحه والولادة
العلاج : بمضادات التوكسين antitoxin ، وتلك قبل ظهور الأعراض على الجهاز العصبي		

تسليع جدول ٩ (٥) - ٧ :

المرض	المسبب	تولد المرض
الغرغرينا الغازية Gas gangrene	<ul style="list-style-type: none"> - عصوى طويل ، مفرد ، موجب لجرام - متجزئ بجزئومة وسطية غير متفتحة - غير متحرك - لاهوائي، حتمى - مخمر للسكريات 	<ul style="list-style-type: none"> - تحت الظروف اللاهوائية ، ينتج مجموعة من التوكسينات - يسبب تلف وموت الأنسجة ، مع تجمع غاز الإيثروجين الناتج من تخمير الميكروب للسكريات - قد يسبب تسممات غذائية
	<ul style="list-style-type: none"> - الميكروب موطنه العربية ، ويوجد بالبراز، وينتج الجسم عن طريق الجروح 	<p>العلاج : بمضادات التوكسين ، والتدخل الجراحي إن لزم الأمر لإزالة الأنسجة التالفة</p>

الأمراض التي تنتقل عن طريق مفصليات الأرجل Arthropod - borne infections

تتنمى مفصليات الأرجل ، لشعبه Phylum Arthropoda ، التي تجمع أكبر تجمع للأنواع بعالم الحيوان . وبعض مفصليات الأرجل ، هام من الناحية الطبية ، لأنها تمثل أهم المصادر لأمراض الإنسان . فمنها مايسبب موتا موضعيا لأنسجة الجسم (النكرزه Necrosis) ، أو جروحا ورضوضا Trauma ، أو حالات حساسية .

ومن المفصليات مايقوم بنقل المسببات المرضية للإنسان ، حيث تعمل كناقل ميكانيكى Mechanical vector ، أو كناقل بيولوجى Biological vector .

فتعمل المفصليات كناقل ميكانيكى للمسبب المرضى ، كما فى حالة نقل الذباب المنزلى Musca domestica لبكتريا التيفود ، والحميات المعوية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى .

أو تعمل المفصليات كناقل حيوى ، أى تقوم بدور العائل الوسطى بين المسببات المرضية وبين الإنسان . فتصل الميكروبات المرضية إلى المفصليات ، بالبلع عادة ، وتمضى بها فترة حضانة ، أو تستكمل بها دورة حياتها ، وبعد أن يتم ذلك ، ينتقل الميكروب الممرض إلى الإنسان ، عند لدغ المفصليات للجلد ، مع قيء البراغيث كما فى الطاعون ، أو مع براز القمل كما فى التيفوس ، أو مع لعاب البعوض كما فى الملاريا .

ويلاحظ أن المسببات المرضية التي تنتقل عن طريق المفصليات ، إكتسبت أثناء تطورها ، القدره على أن تحيا فى أكثر من عائل . على سبيل المثال ، فإن بكتريا الطاعون ، تستطيع أن تنمو وتتكاثر فى الفيران ، والبراغيث ، والإنسان ، وتحملها البراغيث من فأر إلى آخر ، أو من الفأر إلى الإنسان .

ومن هذه المسببات المرضية ، ما يتبع البكتريا الحقيقية (كبكتريا الطاعون ، والتولاريميا) ، أو الريكتسيا (المسببة للتيفوس) ، أو السبيريوكيتا (الحمى المتقطعة) ، أو البروتوزوا (الملاريا ، مرض النوم ، الليشمانيا) ، أو الفيروسات ، كفيروس الحمى الصفراء .

ونظرا لأن هذه المسببات المرضية ، تنتقل إلى الإنسان ، عن طريق عوائل وسطية كالمفصليات ، مثل الذباب ، والناموس ، أو كالقوارض ، فإن مقاومة هذه الأمراض ، يعتمد أساسا على مكافحة تلك العوائل ، بقدر الإمكان .

ويمكن السيطرة على الأمراض المنقولة بالحشرات ، برفع المستوى الصحى للأفراد ، وبالجهد الجماعية لخلق الظروف غير المواتية لتكاثر تلك الحشرات .

الأمراض المنقولة بواسطة المفصليات ، واسعة الانتشار فى العالم ، وقد تصل فى بعض الحالات ، لدرجة الوباء العام Pandemic . وتسبب هذه الأمراض ، المعاناة الشديدة للمرضى ، التى قد تصل إلى الموت ، مع إحداث خسائر إقتصادية كبيرة للدولة .

والشكل ٩(٥) - ١ ، يوضح بعض أنواع المفصليات ، الناقلة للأمراض .

والجداول من ٩(٥) - ٨ ، إلى ٩(٥) - ١١ ، توضح بعض الأمراض الهامة ، المنقولة بواسطة المفصليات .



بق مخروطي الأنف
Conenose bugs
مرض شلجاس
Chagas disease



براغيث
Fleas
تيفوس
طاعون



قمل
Lice
تيفوس
حمى خنادق
حمى راجعة

اسم الحشرة
من الأمراض
المنقولة



قردك طوي
Soft ticks
حمى راجعة



قردك جاف
Hard ticks
تولاريميا
حمى جهل روكي



حلم
Mites
التهاب الجلد
تيفوس

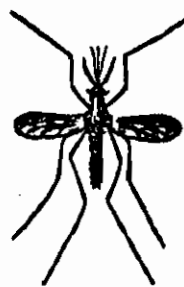
اسم الحشرة
من الأمراض
المنقولة



نمل غير علفي
Non-biting flies
التهاب ملتحمه العين
تيفوس
كوليرا
بوسنتاريا



نمل علفي
Biting flies
للاريا
لبشمانيا
مرض النوم
حمى نملبة الرمل



بصوش
Mosquitoes
للاريا
ملاريا
حمى نتج
حمى صفراء

اسم الحشرة
من الأمراض
المنقولة

جدول ٩ (٥) - ٨ : بعض الأمراض الهامة للإنسان ، الناتجة عن بكتيريا ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل ، كناقل حيوى

علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضى	الناقل الحيوى	المسبب	المرض
- يتكاثر الميكروب فى أمعاء البرغوث	براغيث الفيران Xenopsylla cheopis	Yersinia* pestis Formerly , Pasteurella pestis	الطاعون Plague The black death
- الوقاية		- عصوى قصير ، مفرد ، سالب لجرام ، ذو قطبين عميقى bipolar staining	- منتشر فى أماكن متعددة بالعالم
- البراغيث	براغيث الإنسان Pulex irritans	- غير متجرح ، غير متحرك ، لايكوبون كابسول	- مرض شديد الخطورة ، شديد العدوى
- التحصين باللقاح الوقى للأشخاص المعرضين		- إختبارى للهواء خليط التخمير	- نسبة الوفاة به عالية إذا لم يعالج
العلاج			- يسمى بالموت الاسود ، لأنه يسبب زرقة بجلد العصب

* نسبة إلى Yersin مكتشف المسبب عام ١٨٩٤ فى هونج كونج

- مدة الحضانة للميكروب بالإنسان من ٢-٦ يوم عقب الإصابة . وللطاعون نوعان رئيسيان
- الطاعون العقدى ، الدملى **Bubonic plague**
 - ينتقل الميكروب بلدغ البراغيث ، ويسبب حمى وضعف عام ، مع تضخم العقد الليمفاوية
buboes of lymph nodes ومن هنا جاءت تسمية المرض ، ويفتزو الميكروب الجسم ،
ويسبب حالة تسمم بكتيرى بالدم
 - الطاعون الرئوى **Pneumonic plague**
 - ينتقل الميكروب مع رذاذ الأنف والغم ، ويصيب الرئة ، وهذا النوع شديد العدوى

تسليع جدول ٩ (٥) - ٨ :

المرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفضليات الأرجل بالمسبب المرضى
Tularemia التولاريميا ، حمى الأرانب	٦ - (٥) لنظر جدول ٩ ص ٢٩٨	القراد Dermacentor spp.	- يتكاثر الميكروب فى جدار الأمعاء الوسطى للقراد - ينتقل للإنسان باللدغ
Relapsing fever الحمى الراجعة منتشرة فى آسيا ، وأفريقيا ، وأمريكا اللاتينية	Borrelia recurrentis سبيروكييتا - حاد زنى الشكل - جـدار مرن - مفرد ، سالب لجرام - غير متجشـم - متحرك حركة لولبيه سلحه فى السوائل بـدون فلاجيلات - لاهوائى	قمل الجسم Pediculus humanus	- يتكاثر الميكروب بأنسجة القمل خارج الأمعاء - ينتقل إلى الإنسان عند سحق القمل على الجلد

يوضح جدول ٩ (٥) - ٩ ، بعض الأمراض الناتجة عن ريكتسيا Rickettsial diseases .

والريكتسيا ، مجموعة من البكتريا ، عصوية ، صغيرة الحجم ، $0.3 \times 1 \text{ um}$ ، سالبة لصبغة جرام ، لها جدار به ميورين ، متطفلة إجبارا داخل خلايا العائل ، وهي تفضل التكاثر بالخلايا المبطنة للأوعية الدموية ، والبلعميات الكبيرة (الملتقحات) ، وتنمى داخل جنين الكتكوت ، وتتكاثر بالإنقسام الثنائى .

والريكتسيا علاقات تطفل مع المفصليات ، مثل القمل ، والبق ، والبراغيث ، والقراد ، والحلم ، وتعتبر هذه المفصليات ، العوائل الطبيعية للريكتسيا ، حيث تعيش بها دون أن تمرضها ، وتنقل باللدغ إلى الإنسان ، وتسبب له بعض الأمراض .

جدول ٩ (٥) - بعض الأمراض الالهمة للإنسان . الناتجة عن ريكتسيا ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل .
كناقل حيوي

المرض	المسبب	الناقل الحيوي	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضي
حمى تيفوس Typhus fever منتشرة في مناطق متعددة	<i>Rickettsia prowazekii</i>	قمل للجسم Body louse <i>Pediculus humanus</i>	- يتكاثر الميكروب بالأمعاء الرسلي للقمل - ينتقل للإنسان باللدغ ، ومن يرز القمل ، أو عند سحق القمل على الجلد
حمى الخنادق Trench fever منتشرة في أماكن متعددة . ويعتبر للجناد في الخنادق	<i>R. quintana</i>	قمل للجسم <i>Pediculus humanus</i>	مثل التيفوس
حمى جبل روكي لمبقعة Rocky mountain spotted fever	<i>R. rickettsii</i>	القراد Ticks <i>Dermacentor</i> spp.	- يتكاثر الميكروب في جدار الأمعاء الرسلي للقراد - ينتقل للإنسان باللدغ

يوضح الجدول ٩(٥) - ١٠ ، بعض الأمراض الناتجة عن بروتوزوا ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل .

وتتنمى أغلب أنواع البروتوزوا ، المسببة لأمراض منقولة بالمفصليات، إلى مجموعتين رئيسيتين من مجاميع البروتوزوا .

- مجموعة نوات الأسواط Mastigophora

وهي تتحرك بالأسواط ، وتتكاثر بالإنقسام الثنائي البسيط، ومن أمثلتها ، البروتوزوا المسببة لمرض النوم ، والليشمانيا .

- مجموعة نوات الجراثيم Sporozoa

وجميع الأفراد التابعة لهذه المجموعة متطفلة ، وهي غير متحركة ، وإن وجدت حركة فى بعض أطوار الميكروب ، فتكون زاحفة ، وتتكاثر بالإنقسام الثنائي وبالجراثيم . وهذه البروتوزوا ، لها بورة حياة معقدة ، ومن أمثلتها ، بروتوزوا الملاريا .

إنتقال الميكروب الممرض

عندما تمص الحشرة دم الإنسان المصاب ، ينتقل الميكروب مع الدم إلى الحشرة ، حيث يمضى بأنسجة الحشرة ، جزءا من بورة حياته . ثم يخرج الميكروب ، مع لعاب حشرة الذباب والناموس ، ويصل إلى دم الإنسان السليم ، أثناء تغذية الحشرة على مص الدم ، أو ينزل الميكروب مع براز البق على جلد الانسان ، ويدخل عن طريق جرح بالجلد .

جدول ٩ (٥) - ١٠: بعض الأمراض الهامة للإنسان الناتجة عن بروتوزوا ، منتقلة بواسطة مفصليات الأرجل ، كمنافذ حيوى

المرض	المسبب	الناقل الحوى	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضي
حمى الملاريا (للبرداء) منتشرة بالمناطق الحارة	<i>Plasmodium malariae</i> <i>P. falciparum</i> <i>P. ovale</i> <i>P. vivax</i> وهذه البروتوزوا ، تتبع مجموعة نوات الجراثيم <i>Sporozoa</i> - لها دورة حياة معقدة ، لاجنسية في الإنسان ، وجنسية في البعوض	أنثى بعوض الأنوفيليس <i>Anopheles spp.</i>	- يكمل الميكروب دورة حياته الجنسية بالبعوض - ينتقل للإنسان باللسان - تطور المرض - مدة الحضنة بالإنسان ١٠-١٦ يوم - يتطور الميكروب أولا بالكبد ثم بكرات الدم الحمراء - يسبب حمى تظهر في شكل نوبات ، مع تقضم في الطحال ، وضعف عام وألم - تظهر الإصابات بالإنسان ، أثناء دورة الحياة اللاجنسية للبروتوزوا بكرات الدم الحمراء
- وهو مرض شديد العدوى ، ومميت إن لم يعالج			الوقاية - لا يوجد لقاح واقى حتى الآن - مقاومة الناموس في المنازل ، وفي أماكن توالدها العلاج إستعمال الكينين ومركباته التي تقضى على الميكروب في الدم ، وفي الكبد ، <i>Chloroquine</i> , <i>Mefloquine</i> , مثل <i>Primaquine</i>

* كلمة ملاريا ، ذات أصل إيطالى وتعنى الهراء الفاسد ، للإعتقاد بأن المرض ، سببه هراء المستنقعات ، والبرك الراكدة

تليج جدول ٩ (٥) - ١٠ :

للمرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفاصلات الأرجل بالمسبب المرضي
<p>Sleeping sickness</p> <p>مرض النوم - لاندلم</p> <p>منتشر بأفريقيا</p>	<p>Trypanosom gambiense</p> <p>تتبع مجموعة نوات</p> <p>الأسواط</p> <p>Trypanophora</p>	<p>ذبابة تسي تسي</p> <p>Tsetse fly</p> <p>Glossina spp.</p>	<p>- يتكاثر الميكروب في الغدد اللعابية ، والأمعاء الوسطى للذبابة</p> <p>- ينتقل للإنسان باللدغ</p> <p>- يعيش الميكروب في بلازما الدم ، ويصل إلى خلايا الجسم ، ومنها إلى خلايا المخ ، والنجاع الشوكي ، فيسبب لها التهابا ، وتدهورا تدريجيا بها ، وغيبوبة</p>
<p>Leishmaniasis (٣)</p> <p>داء لايشمانيات</p> <p>منتشر في مناطق متعددة</p>	<p>Leishmania donovani</p> <p>L. tropica</p> <p>L. braziliensis</p> <p>تتبع مجموعة نوات</p> <p>الأسواط</p> <p>Phlebotomus</p>	<p>ذبابة ليرمل (الذئب الرمل)</p> <p>Sandy fly</p> <p>Phlebotomus spp.</p>	<p>- يتكاثر الميكروب بالأمعاء الوسطى للذبابة</p> <p>- ينتقل للإنسان باللدغ</p> <p>- تظهر أعراض المرض كحمى ، ثم تحدث تشوهات جلدية مزمنة مثل قرح الوجه</p>

(٣) نسبة إلى اسم للعالم الإنجليزي ليشمان

Rabies , Hydrophobia

السعار ، الكلب

ينتقل فيروس السعار إلى الإنسان ، عند العض ، مع لعاب الحيوان المصاب .

وفيروس السعار منتشر ، ويصيب عددا كبيرا من الطيور ، والحيوانات المستأنسة والبرية . والفيروس يتبع عائلته Rhabdoviridae ، وحجمه من ٦٠ - ١٨٠ nm ، وله شكل الطلقة bullet shape ، وكابسيد إهليجي الشكل ، وحامضه النووي ss RNA .

مدة حضانة فيروس السعار بالإنسان حوالى ١ - ٢ شهر في المتوسط ، وينتشر الفيروس بالجسم ، ويصل للجهاز العصبى المركزى ، وتبدأ الأعراض بحمى ، ثم إضطرابات فى الجهاز العصبى ، وحدث تغير فى شخصية المصاب .

ويتطلب العلاج ، التنظيف الفورى لمكان العض بمطهر ، واستعمال اللقاح ، ومراقبة الحيوان المصاب إذا كان مستأنسا ، لمدة عشرة أيام ، للتأكد من خلوّه من الإصابة .

أمراض فيروسية تنتقل بالمفصليات

جدول ٩(٥) - ١١ ، يوضح بعض الأمراض الفيروسية ، التي تنتقل بواسطة مفصليات الأرجل Arthropod - borne viruses , Arboviruses . ويعتبر البعوض ، والقراد ، العوائل الرئيسية فى نقل هذه الأمراض الفيروسية .

جسود ٩ (٥) - ١١ : بعض الأمراض الهامة للإنسان ، الناتجة عن فيروسات ، منقوله بواسطة مصلبيات الأرجل ، كـناتل حيوى

المرضى	المسبب	الناقل الحوى	علاقة مصلبيات الأرجل بالمسبب المرضى
<p>Yellow fever</p> <p>الحمى الصفراء</p> <p>- منتشرة بأسيا ، وأفريقيا ، وأمريكا الجنوبية</p> <p>- من الأمراض الخطيرة بالمناطق الحارة</p>	<p>Arbovirus</p> <p>ينتج عائلة Togaviridae</p> <p>- فيروس كبرى الشكل ، صغير الحجم ، عشريئى الأوجه</p> <p>- قطره ٢٠ - ١٠ nm له غلاف من الليبيدات</p> <p>- حامضه النووى ss RNA</p> <p>- يتكاثر فى سيتوبلازم الخلية</p>	<p>بمعرض الإبلز</p> <p><i>Aedes aegypti</i></p>	<p>- يتكاثر البعوض فى أنسجة البعوض</p> <p>- ينتقل للإنسان باللدغ</p> <p>تطوّر المعرض</p> <p>- مدة الحضنة بالإنسان من ٢ - ٦ أيام</p> <p>- ينتشر الفيروس بالدم ، ويسبب ضعف عام ، وحى ، مع قيء أسود اللون ، وإمفرار لون الجلد بسبب تلف الكبد (يرقان jaundice) ، ورجود اليوـمين بالبول (بول زلالى)</p> <p>الوقاية</p> <p>- مقاومة البعوض</p> <p>- التحصين باللقاح</p> <p>- الشفاء بعد الإصابة ، يعطى للجسم مناعة دائمة</p>
<p>Dengue fever</p> <p>حمى الدنج</p>	<p>مثل الحمى الصفراء</p>		

Chlamydial diseases**الأمراض التي تسببها الكلاميديا**

الكلاميديا ، خلايا كروية ، صغيرة الحجم ، قطرها ٠,٢ إلى ٠,٧ um ، تحصل على الطاقة من العائل . والكلاميديا ، مثل الريكتسيا ، متطفلة إجبارا ، تعيش داخل خلية العائل ، وتوجد في الطيور والثدييات ، وتسبب لعوائلها الطبيعية ، أمراضا كامنه ، مزمنه .

والكلاميديا ، بعكس الريكتسيا ، لا تنتقل للإنسان من خلال عوائل وسطية ، ولكنها تنتقل مباشرة من مصاب لآخر .

وجسول ٩(٥) - ١٢ ، يوضح بعض الأمراض الهامة ، التي تسببها الكلاميديا .

جدول ٩ (٥) - ١٢ : بعض الأمراض الهامة بالإنسان ، الناتجة عن كلاميديا

المرض	المسبب	طريقة الانتقال الرئيسية للميكروب	مظاهر المرض
حمى البهاة Psittacosis	<i>Chlamydia psittaci</i>	ينتقل ببلع مولد ملوثة بفضلات برازية ، من طيور مصابة	- التهاب الرئتين - حمى وضعف عام - وعلم العلاج قد يؤدي إلى الموت
الترأكما - الرمد الحبيبي بالعين Trachoma	<i>C. trachomatis</i>	- ينتقل ميكانيكيا من أيدي، أو أبوات ، ملوثة بالميكروب - ويلعب للنجس دورا هاما في نقل الميكروب	- بسبب قرحا بالعين - إعمال العلاج قد يؤدي إلى العمى
إلتهاب ملتحمه العين Inclusion conjunctivitis	<i>C. trachomatis</i>	يوجد الميكروب طبيعيا بالجهاز التناسلي وينتقل : - إلى الجنين عند الولادة - للبالغين بالاتصال الجنسي ، ومن الأصباع الملوثة	- إلتهاب ملتحمه العين Conjunctiva

بعض الأمراض الأخرى الهامة المنقولة

Other transmissible diseases

قد تنتقل بعض المسببات المرضية ، بأكثر من طريقة ، أو بطرق أخرى غير التي سبق ذكرها ، وتسبب هذه المسببات ، بعض الأمراض الهامة للإنسان ، والتي منها :

الإلتهابات المعوية الناتجة عن بكتريا الإيشيريشيا

Gastroenteritis caused by Escherichia coli

E. coli ميكروب عصوى قصير ، مفرد ، سالب لصبغة جرام ، غير متجراثم ، متحرك بفلاجيللات محيطية ، إختياري للهواء ، خليط التخمر ، ويخمر سكر اللاكتوز مع إنتاج حامض وغاز .

وتوجد هذه البكتريا ، بشكل طبيعي فى القناة الهضمية ، حيث تشكل جزءا هاما من الميكروبات الموجودة بها ، ورغم ذلك ، فقد لوحظ أن بعض سلالات من E. coli ، تسبب إلتهاباتا معوية للإنسان والحيوان ، وتنتقل من اليه إلى الفم ، نون حاجه إلى النمو ، أو التكاثر فى الغذاء .

يوجد من E. coli مئات السلالات ، التى تختلف عن بعضها فى خواصها الأنتجينية ، حيث تميز سيرولوجيا بالانتجينات الجسدية O , Somatic antigens ، وهى من الليبو عديدات التسكر Lipo poly saccharides ، وتوجد بجدار الخلية ، كما تميز بأنتجينات الكابسول K , Capsular antigens ، وهى من عديدات التسكر ، وتوجد بكابسول البكتريا ، وتميز أيضا بأنتجينات الأسواط H , Flagellar antigens ، وهى من البروتين ، وتوجد بالأسواط .

تسبب السلالات المرضية من E. coli ، مثل السلالة 055 ، والسلالة 0124 ، الإسهال ، والإلتهابات المعوية ، بالأطفال والبالغين ، فهذه السلالات من البكتريا ، تسكن الأمعاء ، وتهاجم الأغشية المبطنه ، وتسبب أعراضا مشابهة لللوسنتاريا الباسيلية (الشيجللا) ، كما أن من E. coli ، سلالات مثل السلالة 025 ، التى تنتج توكسين معوى خارجى ، يسبب الإسهال ، وأعراضا معاملة لما تسببه بكتريا الكوليرا .

وتعالج الالتهابات المعوية ، الناتجة عن E. coli ، بواسطة المضادات الحيوية .

الجذام - مرض هانسن Leprosy , Hansen's disease

الجذام ، مرض مزمن ، يكثر فى المناطق المدارية الحارة ، كوسط أفريقيا ، والهند ، والصين ، والبرازيل . وهو يصيب الجلد ، والوجه ، والأعصاب الطرفية ، فيسبب تشوهات وتقرحات وتآكل ، وفقدانا احساسية الجلد ، وتقرحات بالعين ، وشللا لعضلات الجفون ، وقد يصيب الخصيتين ، ويحدث العقم .

يسبب المرض ، بكتريا Mycobacterium leprae ، وقد اكتشفه النرويجى آرمر هانسن A. Hansen عام ١٨٧٤ ، لذا سمي المرض باسمه . ومدة الحضانة غير محددة حتى الان ، فقد تتراوح من عدة شهور ، إلى عدة سنوات .

والمسبب ، يشبه بكتريا السل ، فهو عصوى ، مفرد أو فى تجمعات ، موجب لصبغة جرام ، صامد للأحماض ، غير متجثرم ، غير متحرك ، هوائى ، ويكثر وجوده فى الدرنات التى يكونها بأماكن الاصابة .
والسلالات شديدة الأمراض Virulent strains من بكتريا الجذام ، متطفلة إجبارا ، حيث لم يمكن تنميتها على بيئات صناعية ، أما السلالات غير الشديدة الأمراض Avirulent ، فقد امكن تنميتها على البيئات الصناعية .

ينتقل الميكروب بالإحتكاك بجلد الشخص المصاب ، أو مع إفرازات الأنف ، وتلعب الظروف المعيشية القاسية ، وسوء التغذية ، وضعف الجهاز المناعى ، دورا كبيرا فى زيادة نسبة الإصابة بالمرض .

ليس هناك لقاح واقى من المرض حتى الآن ، ولكن يمكن تجنب المرض ، بالإهتمام بتحسين الظروف الصحية ، والتغذية الجيدة ، وعزل المرضى فى مصحات المجذومين Leprosaria .

ويتم علاج المرضى بالحقن ، بعقاقير السلفونات Sulfones ، والمضادات الحيوية كالإستربتوميسين .

الإلتهاب الكبدي الفيروسي (اليرقان الفيروسي) Viral Hepatitis

ينتج مرض الإلتهاب الكبدي ، من عدة أنواع من الفيروسات ، أهمها الفيروس أ ، والفيروس ب ، أو ينتج المرض عن فيروس آخر ، غير أ ، ب ، ويسمى Non A , Non B ، (يسميه البعض فيروس C) ، ويشبه النوع الأخير ، أى فيروس C ، فى مدة حضانتة ، وما يسببه من مرض ، النوع B .

وفيما عدا تقارب الاسم ، فإنه لا توجد قرابه مشتركة بين فيروس أ ، ب ، لافى التكوين ، ولا فى طريقة العدوى ، ولا فى عواقب الإصابة ، وإن كان هناك تشابها فى الأعراض .

تنتقل الفيروسات المسببه ، من الأغذية أو الدم الملوث ، إلى الكبد . وتتميز الأعراض بحدوث فقد للشهية ، وعدم الرغبة فى أكل الدهون ، وحمى ، ويصحب ذلك اليرقان Jaundice ، وهو إحتقان الكبد ، وتليف خلاياه ، مع تلون بياض العين باللون الأصفر ، وتلون البول باللون الداكن الذى يشبه لون الشاي ، لنزول أملاح الصفراء الخام به .

وجداول ٩(٥) - ١٣ ، يبين أهم الفروق بين الإلتهاب الكبدي الناتج عن فيروس أ ، والناتج عن فيروس ب .

جدول ٩ (٥) - ١٣ : أهم الفروق بين التهاب الكبدى أ ، ب

الصفة / المرض	التهاب كبدى أ	التهاب كبدى ب
الفيروسون	<ul style="list-style-type: none"> - Hepatitis type A virus ,HAV - قطره ٢٧ ، n m عشريني الأوجه - حامضه النوروى RNA 	<ul style="list-style-type: none"> - Hepatitis type B virus , HBV - قطره ٤٢ ، n m معقد السيمترية، مغلف - حامضه النوروى DNA
مصدر الفيروس	الإغذية ، والمياه ، والمشرروبات الملوثه	<ul style="list-style-type: none"> - الدم ومنتجاته - المرضى وحاملو الميكروب
طريقة الانتقال	الغم ، ثم ينتقل من الأمعاء إلى الكبد	نقل الدم ، والحقن الملوثة ، ثم ينتقل الفيروس إلى الكبد
المرض الناتج	التهاب الكبدى المعدي Infectious hepatitis	التهاب الكبدى المعلى Serum (seringe) hepatitis
	<ul style="list-style-type: none"> - مريض شديد العدوى ، وهو أكثر الأنواع إنتشارا 	<ul style="list-style-type: none"> - أقل إنتشارا من النوع أ ، ولكنه يسبب مضاعفات أشد خطورة، مثل تلف الكبد، وسرطان الكبد

تسليع جدول ٩ (٥) - ١٣ :

الامعة/المرض	إلتهاب كبدى ١	إلتهاب كبدى ب
موسم العدوى	<p>- تزداد العدوى في الخريف والشتاء</p> <p>- ينتقل العدوى بسرعة ، نتيجة عدم الوعي للمص ، في التجمعات ، كالمدراس والمسجون ، والمعسكرات</p>	تحدث العدوى طول العام
عمر المصاب	الأطفال	كل الأعمار
مدة الحضانة	١٥ - ٦٠ يوم	٥٠ - ١٦٠ يوم
الأعراض	<p>تظهر فجأة</p> <p>ويستمر المرض لمدة ١-٣ أسابيع بعدها يتم الشفاء</p>	<p>تظهر تدريجيا</p> <p>بعد الشفاء، يبقى الميكروب في دم الناقه لمدة أشهر أو سنوات (حامل الميكروب)</p>
لورقية	<p>تحمين الأطفال ، بحقن اللقاح الوراقي في الفضل ، بعد الولادة بعدة أسابيع</p>	<p>- أمكن تحضير لقاح مناعي، ولكنه باهظ التكاليف ، ويقتصر استخدامه على الفئات الأكثر تعرضا للعدوى</p> <p>- غليان الحنن لا يكفي لإكفى لقتل الفيروس، لذا يجب استعمال حقن بلاستيك لمرة واحدة</p>

الإيدز - مرض نقص المناعة المكتسب AIDS , Acquired Immunodeficiency Syndrome^(١)

بدأ منذ عام ١٩٨١ ، إتجاه الأنظار بشدة ، نحو مرض شديد العدوى ، مميت ، يصيب الجهاز المناعي للجسم ، فيسبب نقصه ، وبذا يصبح المريض بهذا المرض ، غير قادر على مقاومة العدوى ، أو مقاومة الأمراض السرطانية.

وقد تمكن فى عام ١٩٨٤ ، كل من الأمريكى روبرت جاللو Robert Gallo ، والفرنسى لوك مونتانييه^(٢) L. Montagnier ، من التعرف على المسبب ، ووجدوا أنه فيروس ، Retrovirus ، يتبع عائلة الفيروسات المنعكسه^(٣) Retroviridae .

وأفراد هذه العائلة ، مغلفة ، حامضها النووى RNA ، والكاسيد نو سميتريه عشرينيه الأوجه ، ويدخل المسبب للإيدز ، تحت مجموعة

HTLVs (Human T cells lymphotropic viruses)

وهى فيروسات ، تثبط خلايا الليمف وتدمرها .

ويتبع فيروس الإيدز النوع الثالث من هذه المجموعة ، المعروفة بـ HTLV - III . وبالإضافة إلى ذلك ، فقد تم عزل أنواع أخرى ، مثل HTLV - II ، من بعض الحالات المصابة بالإيدز .

يوجد الفيروس فى سوائل جسم المصاب ، كالدم والسائل المنوى ، لذا تنتقل العدوى عن طريق الإتصال الجنسى ، والدم والحقن الملوثة ، ومن الأم المصابة إلى الجنين ، عن طريق المشيمة ، أو أثناء الولادة . علما بأن معايشة مريض الإيدز ، فى المنزل ، أو المدرسة ، أو مكان العمل ... الخ ، لاتسبب نقل المرض .

-
- (١) يعنى تعبير Syndrome ، مجموعة الأعراض المتلازمة (المميزة) للمرض
 - (٢) روبرت جاللو ، لوك مونتانييه (١٩٨٩) . الإيدز - مجلة العلوم ٦ (٣) : ١٣ ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمى - الكويت .
 - (٣) سميت بالفيروسات المنعكسه ، لأنها قادرة على تخليق حامض DNA من RNA ، فى عملية عكسية لما هو معروف ، بواسطة إنزيم الإستنساخ العكسى Reverse transcriptase (RNA - dependent DNA polymerase)
- DNA الناتج ، يتدمج بنواة خلية العائل ، ويديرها لمصلحته

يعتبر الإيدز ، من أخطر الأمراض ، التي تصيب جهاز المناعة بالجسم (أنظر أنواع الإستجابة المناعية ص ٣٣٦) ، إذ يتلف الفيروس خلايا ليمف T (خلايا الليمف الثيموسية المعاونة ، T lymphocytes ، T - Cell) ، التي تعتبر الأساس فى جهاز المناعة الخلوية Cellular immunity . وبذلك تصبح الإستجابة المناعية ، (أى المناعة المكتسبة المتخصصة بالجسم) بالشخص المصاب ، غير كافية للتخلص من الأجسام الغريبة ، ومقاومة العوامل المرضية الإنتهازية ، من فيروسات وبكتريا وفطريات ... الخ ، التي لا تستطيع إصابة الجسم ، إلا عند ضعف جهازه المناعى ، حيث تزداد بدرجة كبيرة ، قابلية الجسم للعدوى ، والتعرض للإلتهابات الرئوية ، والإصابة بسرطان الجلد ، والأورام السرطانية الأخرى .

ولا تعرف فترة حضانة واضحة ، لهذا المرض حتى الآن ، فقد تتراوح من أشهر إلى عدة سنوات . ولتجنب الإصابة بالفيروس ، يراعى شروط النظافة العامة ، والبعد عن الإتصالات الجنسية غير المشروعة ، غير السوية ، وتجنب الدم الملوث ، وإستعمال الحقن التي تستعمل لمرة واحدة فقط .

ولا يوجد لقاح واقى من المرض حتى الآن ، وليس له علاج أيضا ، وتؤدى الإصابة به إلى الوفاة ، وتبذل جهودا مكثفة ، فى جميع المعامل البحثية المتخصصة ، لتوفير لقاح ، وعلاج ، لهذا المرض .

Dental caries

تسوس الأسنان

تسوس الأسنان من الأمراض الشائعة ، خاصة فى الأطفال ، وبين أفراد الشعوب المتمدينه . ويسبب التسوس ، تلفا موضعيا بالسن ، ينتج من تأثير البكتريا المسببه ، ويتحدد مدى التسوس ، بعوامل أخرى مثل نوع التغذية ، سلامة الفم ، معاملة مياه الشرب بالفلوريد ... الخ .

ويسبق حدوث العدوى ، تكون طبقة من البلاك (اللويحة) Plaque ، على سطح السن ، فوق طبقة المينا Enamel . والبلاك مادة لينه ، عبارة عن تجمع من مواد عضوية وبكتريا ، لونها أبيض أو مصفر ، تلتصق على سطح السن ، وتتراكم بين الأسنان ، وعند إلتقاء اللثة بعنق السن . وقد ينمى بالبلاك كالسيوم اللعاب ، فتتكون مادة جيرية صلبة . وعدم إزالة طبقة البلاك ، يسبب مشاكل كبيرة للأسنان واللثة .

تهاجم البكتريا المغمورة بالبلاك ، على سطح السن ، البقايا العضوية ، (انظر صـ ٢٧٢) فتنحلل نشويات الغذاء ، خاصة السكريز ، وتنتج أحماضا عضوية ، تذيب أملاح الكالسيوم بالمينا ، وتعتمد الإصابة تدريجيا لتصل إلى لب السن Dental pulp ، ويتكون خراج .

يعيش بين الأسنان ، مجموعة من البكتريا ، وأهمها فى تسوس الأسنان ، بكتريا Streptococcus mutans

وهى كرويه ، فى سلاسل قصيرة ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، غير متحركة ، متحملة للهواء ، غير محلبة لكرات الدم الحمراء ، توجد فى بلاك الأسنان .

وقد يوجد من مسببات التسوس أيضا ، أنواعا تابعة لـ Lactobacillus spp. , Actinomyces spp.

وللوقاية من التسوس ، يراعى نظافة وسلامة الفم ، والأسنان ، والإقلال من أكل السكريات ، وإزالة طبقة البلاك من على سطح الاسنان ، وفلورة المياه .

وبالإضافة إلى البكتريا ، المسببة لتسوس الأسنان ، فإنه يوجد مجموعة من البكتريا ، التى تسبب إلتهاب الأنسجة المحيطة بالأسنان Periodontitis ، ويساعد على زيادة هذه العدوى ، إهمال صحة الفم ، وتراكم طبقات البلاك حول الأسنان .

ومن البكتريا المسببة لهذه العدوى ، أنواع تتبع أجناس

Actinomyces , Bacteroides , Campylobacter , Fusobacterium , Veillonella

وكلها سالبة لصبغة جرام (عدا الأكتينومييسيس ، فهى موجبة) ، غير متجرثمة ، غير متحركة (عدا Campylobacter ، فهى متحركة بأسواط طرفية) ، لاهوائية ، عضوية (عدا Veillonella ، فهى كروية) .

Fungal diseases

الأمراض الفطرية

تحدث الأمراض الفطرية ، التي تصيب الإنسان ، إما عن عدوى فطرية وتسمى مرض فطري Mycosis ، أو من إبتلاع نواتج فطرية سامه ، وتسمى تسمم فطري Fungal toxicosis .

Mycoses

أمراض العدوى الفطرية

الفطريات القادرة على إحداث العدوى الفطرية قليلة ، وهي متوطنة بالتربة ، وفي أغلب الحالات ، فإن غزوها للعائل يأتي بطريق الصدفة ، ولكن يشذ عن ذلك فطريات الجلد Dermatophytes ، التي تقطن بشرة الجلد Epidermis والشعر ، والأظافر ، وتنتشر بإنتقالها من شخص لآخر .

ويأتى معظم الضرر ، الناتج من أمراض العدوى الفطرية ، مما تسببه هذه الأمراض ، من تفاعلات حساسية بالجسم ، خاصة ما يشبه أنواع الحساسية المتأخرة ، الناتجة بواسطة الخلايا Delayed cell - mediated type (انظر ص ٣٢٧ و ص ٣٦٢) . وعادة ، تتكون قرحا موضعية ، تشبه تلك ، الخاصة بتفاعلات الحساسية لمرض السل ، وتمثل هذه القرح ، أماكن نمو هيفات الفطر .

تقسم أمراض العدوى الفطرية ، حسب درجة تعمقها بالجسم

- فمنها السطحي Superficial ، الذي يصيب الجلد ، مسببا أمراضا فطرية جلدية Dermatormycoses

- ومنها ما يصيب تحت الجلد Subcutaneous mycoses

- ومنها ما يسبب أمراضا جهازية متعمقة بالجسم Deep , Systemic mycoses

Dermatomycoses

الأمراض الفطرية الجلدية

تسبب الفطريات الجلدية ، قروحا بالجلد ، حلقية ذات قشور ، وتسمى هذه القروح ، تينيا* ، أو سعف جلدى (قوباء حلقية) *Tinea , Ringworm* .

تقسم التينيا حسب الجزء المصاب من الجسم

- فمنها ما يصيب القدم ، ويسمى *Tinea pedis* ، ويعرف باسم مرض قدم الرياضى *Athlete's foot disease* .

- ومنها ما يصيب الرأس ، ويسمى *Tinea capitis* ، ويسبب مرض السعفة الجلدية (القوباء الحلقية) بفروة الرأس *Ringworm of scalp*

- ومنها ما يصيب الجسم ، ويسمى *Tinea corporis* ، ويسبب القوباء الحلقية لأجزاء الجسم ، الخالية من الشعر *Ringworm of the non-hairy skin*

وتنشأ أغلب أمراض التينيا ، عن ثلاثة أجناس فطرية ، هي

- *Epidermophyton* ، وهو ينمو عادة فى الجلد ، وأحيانا بالأظافر ، ومن أمثلته *E. floccosum* ، الذى يسبب عدوى بالجلد ، وبأظافر الأصابع .

- *Trichophyton* ، وهو ينمو فى الشعر ، والجلد ، والأظافر ، ومن أمثلته *T. rubrum* ، ويسبب سعفا جلديا بأجزاء مختلفة بالجسم .

- *Microsporum* ، وهو ينمو فى الشعر ، والجلد فقط ، ومن أمثلته *M. canis* ، الذى يسبب السعف الجلدى بفروة رأس الأطفال .

تنتقل هذه الفطريات ، بالتلامس المباشر ، ومخالطة المرضى ، أو مع قشور الجلد ، ومواسك الشعر ، التى تحمل هيفات الفطر ، وأحيانا جراثيمه المفضلية *Arthrospores* .

* كلمة تينيا ، *Tinea* من أصل لاتينى ، وتعنى بودة *Worm* ، حيث كان يعتقد قديما ، أن الدود ، هو مسبب المرض

تسبب العدوى دوائر حلقية بموقع الإصابة ، ذات لون وردي فاتح ، وقد يتكون بحواف الحلقة بثرات .
وهذه الأمراض واسعة الانتشار ، وتسبب إزعاجا ولكن بدون خطورة ، وتجنبها صعب ، غير أن المحافظة على جفاف الجلد ، ونظافته ، يعتبر حواجز دفاعية من العدوى .

الأمراض الفطرية التي تصيب تحت الجلد Subcutaneous mycoses

الفطريات المسببة لهذه الأمراض تقطن بالتربة ، وتحدث العدوى ، بدخول الفطر ، من خدش أو جرح بالجلد ، ويصل إلى تحت الجلد .
ويسبب هذه الأمراض ، عددا من الفطريات ، والفطريات الشبيهة بالخمائر Yeast - like fungi ، والأكتينوميستات ، ومن أمثلة الفطريات الشبيهة بالخمائر المعمرضة Sporotrichum schenckii ، الذي يسبب قروحا بمواضع الإصابة .

الأمراض الفطرية الجهازية (المتعمقة) Systemic mycoses (Deep)

مجموعة قليلة من الفطريات ، هي التي تسبب الأمراض الجهازية بالإنسان . وغالبا ماتكون تلك الأمراض خطيرة .
وتقطن أغلب الفطريات المسببة التربة ، وكثير منها ينتقل مع الهواء ، ويدخل الجسم من الجهاز التنفسي ، وقد يدخل أحيانا ، من منافذ أخرى .
وبعض المسببات ، مثل *Candida* ، توجد بشكل طبيعي غير ضار ، على سطح الجلد ، والأنسجة المخاطية ، ولكنها تسبب المرض ، عندما ما يضعف الجسم أو جهازه المناعي ، بسبب المرض ، أو كثرة تداول الأدوية .

وعادة ، ما يغزو المسبب ، الأنسجة التي تحت الجلد أو الرئة ، ومنها ينتشر مع الدم ، إلى أجزاء أخرى بالجسم ، حيث يستقر ، ويسبب المرض .

ويوضح جدول ٩(٥) - ١٤ ، بعض الأمراض الفطرية الجهازية الهامة ، التي تصيب الإنسان .

جدول ٩ (٥) - بعض الأمراض الفطرية للجهازية . التي تصيب الإنسان

للمسبب ومصدره	مفاتل للمسبب في مرحلتى الانطال والترم	تولد المرض
<p><i>Candida albicans</i> (Monilia)</p> <p>يتواجد بشكل طبيعي ، بحاله غير ضارة ، على الأغشية المخاطية بالجهاز التنفسي ، والهضمي ، والجنسي للمرأة</p>	<p>- في الخمع (مرحلة الانطال) خميرة بيضوية الشكل ، متبرعة ، القطر ٦-٢ μ</p> <p>- على الاجار (مرحلة الترم) على السطح : خلايا متبرعة في العمق : ميسليوم كثيف ، نر خلايا طوبله متبرعة</p>	<p>- يسبب ، في حالة ضعف الجهاز المناعي بالجسم ، أمراضا متعمقة ، أو تقرحات موضعية بالجلد ، والفم ، والريتين ، والمهبل</p> <p>- تعتمد الوقاية على سلامة الجهاز المناعي للجسم</p>
<p><i>Cryptococcus neoformans</i></p> <p>مصدر الميكروب زرق الطيور ، والميكروب لا ينتقل من شخص لأخر</p>	<p>- في الخمع ، والوسائل النخاعية خميرة بيضوية الشكل ، متبرعة ، لها كليسول ، لقطر ١٢-٥ μ</p> <p>- على الاجار خلايا فقط دون تكوين ميسليوم</p>	<p>- تحدث العدوى من خلال الجهاز التنفسي ، وينتقل مع الدم لأجزاء مختلفة بالجسم</p> <p>- يسبب التهاب غشاء السحايا ، مصحوبا بتقرحات بالجلد ، والريتين</p> <p>- يموت المريض إذا لم يعالج</p>

تولد المرض	صفات المسبب في مرحلتي التطور والترمم	المسبب ومصدره
<ul style="list-style-type: none"> - تحدث العدوى بإبتلاع الأتربة الطلوة - يصيب الرئتين غالباً ، وقد ينتشر لأعضاء أخرى بالجسم ، كالأمعاء ، والجلد ، وغشاء السحايا - يكون خروارج صغيرة ، وحبيبات ذات شكل لوزي 	<ul style="list-style-type: none"> - في النسيج خـلايا كروية كبيرة متفرعة ، ذات جـدر سميك ، القطر ٨-١٥ μm - على الأجزاء - خلايا كروية عند درجة ٣٧°م - هيفات متفصلة ، مع جراثيم كرونية ملساء عند درجة ٢٥°م 	<p>Blastomyces dermatitidis</p> <ul style="list-style-type: none"> - يعيش الميكروب بالترية - لاينتقل من شخص لآخر
<ul style="list-style-type: none"> - تحدث العدوى بإبتلاع التربة الملونة - يكون تقرحات تشبه الدرنات بالرئـه ، وقد ينتشر لأعضاء أخرى 	<ul style="list-style-type: none"> - في النسيج خـميرة بيضاوية صغيرة متفرعة ، القطر ٢-٤ μm - على الأجزاء - خلايا بيضاوية عند درجة ٣٧°م - هيفات متفصلة ومتفرعة ، عند درجة ٢٥°م ، مع جراثيم كرونية متفرعة 	<p>Histoplasma capsulatum</p> <ul style="list-style-type: none"> - يوجد بالترية وزرق الطيور - لاينتقل من شخص لآخر
<ul style="list-style-type: none"> - يسبب التهاباً حاداً بالشعب الهوائية ، أو تقرحات بالفم 	<ul style="list-style-type: none"> - في البصاق - خلايا بيضاوية ذات جـدر سميكة - أو جـراثيم متفصلة مستطيلة الشكل ١٠ X ٥ μm - على الأجزاء - ميسليوم مع جراثيم متفصلة 	<p>Geotrichum candidum</p> <p>غير معروف للموطن الطبيعي للميكروب، ولكنه قد يوجد بالفم ، والغذاء للفضية للإنسان</p>

Fungal toxicoses

التسممات الفطرية

يفرز كثير من الفطريات ، مواداً سامة ، تسمى توكسينات فطرية Mycotoxins ، وتسبب هذه السموم عند إبتلاعها ، أمراضاً خطيرة ، قد تكون مميتة فى بعض الأحيان .

تتضمن السموم الفطرية الهامة للإنسان (انظر جدول ٩ (٥) - ٤)

- تلك السموم ، التى تكونها الأنواع السامة من عيش الغراب Amanita sp.
- وفطر Claviceps purpurea ، (المسبب لمرض الإرجوت Ergot ، بنبات الشيلم Rye)
- وسم الأفلاتوكسين ، الذى يفرزه فطر Aspergillus flavus

مراجع للفصل التاسع - خامسا

References

- Burnett, G.W.; H.W. Scherp and G.S. Schuster (1976). Oral microbiology and infectious diseases. 4th Ed., Williams & Wilkins , Baltimore , USA .
 Duguid, J.P.; B.P. Marmion and R.H.A. Swain (eds.) (1978). Medical microbiology. 13th Ed., Churchill Livingstone Ltd., Edinburgh .
 Hoeprich, P.D. (ed.) (1977). Infectious diseases. 2nd Ed., Harper & Row, New York.
 Lennette, E.H.; E.H. Spaulding and J.P. Truant (1980). Manual of clinical microbiology. 3rd Ed., American Society for Microbiology, Washington D.C.

مراجع عامة مختارة

Selected General References

- Brock, T.D. and M.T. Madigan (1991). Biology of microorganisms. 6th Ed., Prentice - Hall Inc., London.
- Burrows, W. (1973). Textbook of microbiology. 20th Ed., Saunders Co., London.
- Duguid, J.P.; B.P. Marmion and R.H.A. Swain, (eds.) (1978). Medical microbiology. 13th Ed., Churchill Livingstone Ltd., Edinburgh.
- Frobisher, M. (1968). Fundamentals of Microbiology. 8th Ed., Saunders Co., London.
- Pelczar, M.J.Jr.; E.C.S. Chan, and N.R. Krieg (1986). Microbiology. 5th Ed., Mc Graw Hill, New York.
- Schlegel, H.G. (1993). General microbiology. 7th Ed., Cambridge Univ. Press, London.
- Stalnier, R.Y.; J.L. Ingraham; M.L. Wheelifand and T.R. Taluter (1986). The microbial world. 5th Ed., Prentice - Hall Inc., London .

المؤلفان فى سطور

د . عبد الوهاب محمد عبد الحافظ

- * من مواليد المنصورة ، عام ١٩٣٧ .
- * حصل على بكالوريوس العلوم الزراعية عام ١٩٥٩ ، ثم على الدكتوراه فى الميكروبيولوجيا الزراعية عام ١٩٦٦ ، من كلية الزراعة ، جامعة عين شمس ، بالقاهرة .
- * تدرج فى وظائف هيئة التدريس بالجامعة ، إلى أن أصبح أستاذا للميكروبيولوجيا الزراعية ، ثم عميدا لكلية الزراعة جامعة عين شمس .
- * عمل محاضرا فى بعض الجامعات العربية .
- * عضو فى عدة هيئات وجمعيات علمية وأكاديمية .
- * له مايزيد عن ٧٥ بحثا منشورا فى فروع الميكروبيولوجيا المختلفة علاوة على إشرافه على أكثر من ٣٥ رسالة ماجستير ودكتوراه .
- * شارك فى العديد من النشاطات والمؤتمرات المحلية والعربية والدولية .
- * شارك فى تأليف وترجمة عدة كتب علمية .
- * يعمل حاليا رئيسا لجامعة عين شمس .
- * متزوج وله ولدان .

د . محمد الصاوى محمد مبارك

- * من مواليد القاهرة ، عام ١٩٢٨ .
- * حصل على بكالوريوس العلوم الزراعية عام ١٩٤٩ ، من كلية الزراعة ، جامعة القاهرة .
- * حصل على الدكتوراه فى الميكروبيولوجيا الزراعية عام ١٩٦٦ ، من كلية الزراعة ، جامعة عين شمس ، بالقاهرة .
- * تدرج فى وظائف هيئة التدريس بالجامعة ، إلى أن أصبح أستاذ ورئيساً لقسم الميكروبيولوجيا ، بكلية الزراعة بجامعة عين شمس .
- * عمل محاضراً فى بعض الجامعات العربية .
- * عضو فى عدة هيئات وجمعيات علمية وأكاديمية .
- * له مايزيد عن ٧٠ بحثاً منشوراً فى مجال الميكروبيولوجيا التطبيقية ، علاوة على إشرافه على أكثر من ٣٠ رسالة ماجستير ودكتوراه .
- * شارك فى العديد من النشاطات والمؤتمرات المحلية والدولية .
- * شارك فى تأليف وترجمة عدة كتب علمية .

* رئيس تحرير مجلة حوليات العلوم الزراعية بكلية الزراعة ، جامعة عين شمس ، ورئيس تحرير مجلة إتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الزراعية .

* يعمل حاليا أستاذا متفرغا للميكروبيولوجيا الزراعية ، بكلية الزراعة ، جامعة عين شمس .

* متزوج وله ابنه واحده .

المراجع فى سطور

د . سعد على زكى محمود

- * من مواليد شبين الكوم ، منوفيه ، عام ١٩٢٤ .
- * حصل على بكالوريوس العلوم الزراعية عام ١٩٤٧ ، من زراعة شبين الكوم .
- * حصل على بكالوريوس ميكروبيولوجى من كلية العلوم ، جامعة إنبره ، بأسكتلاندا ، عام ١٩٥٢ .
- * حصل على دكتوراه فى الميكروبيولوجى ، من جامعة ليدز بإنجلترا ، عام ١٩٥٥ .
- * تدرج فى وظائف هيئة التدريس بالجامعة ، إلى ان أصبح عميدا لكلية الزراعة بجامعة عين شمس ، بالقاهرة .
- * رئيس جمعية الميكروبيولوجيا المصرية، ورئيس اللجنة القومية المصرية لعلوم الكائنات الدقيقة بأكاديمية البحث العلمى ، وعضو بالعديد من الجمعيات العلمية المحلية والدولية .
- * له أكثر من ٢٥٠ بحثا منشورا فى فروع الميكروبيولوجيا المختلفة ، علاوة على إشرافه على أكثر من ٢٠٠ رسالة ماجستير ودكتوراه .
- * له براءة اختراع الإنزيمات الميكروبية ، مثل البروتينيز ، وإنزيمات تعطين نباتات الالياف .
- * حائز على وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى ، وعلى جائزة الدولة التشجيعية عام ١٩٦٨ ، وعلى جائزة جامعة عين شمس التقديرية عام ١٩٩٣ .
- * حائز على جائزة الدولة التقديرية فى العلوم الزراعية لعام ١٩٩٣ .
- * من مؤلفاته كتاب الميكروبيولوجيا التطبيقية العملية ، وكتاب ميكروبيولوجيا الأراضى ، وكتاب أمراض النبات البكتيرية والفيروسية ، وشارك فى ترجمه العديد من المراجع العلمية .
- * يعمل حاليا أستاذا متفرغا للميكروبيولوجيا الزراعية ، بكلية الزراعة جامعة عين شمس .
- * متزوج ، وله ولد وبنتان .